



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 41 31 133.7
22 Anmeldetag: 19. 9. 91
43 Offenlegungstag: 1. 4. 93

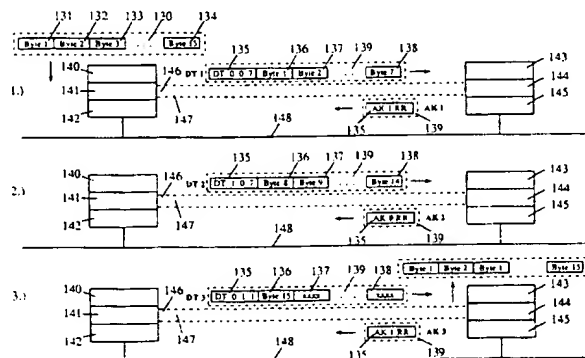
DE 41 31 133 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Lohner, Herbert, 7259 Friolzheim, DE; Unruh, Jan,
Dr., 7000 Stuttgart, DE; Linne, Olaf, Dipl.-Ing., 3205
Bockenem, DE; Brunke, Udo, Dipl.-Ing., 3201
Diekhofen, DE; Glaser, Juergen, Dipl.-Ing.;
Zurmuehl, Uwe, Dr.rer.nat., 3200 Hildesheim, DE;
Mathony, Hans-Joerg, Dipl.-Ing. Dr., 7000 Stuttgart,
DE; Kaiser, Karl-Heinz, Dipl.-Ing. Dr., 7146 Tamm, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zum Austausch von Daten in Datenverarbeitungsanlagen

57 Es wird ein Verfahren zum Austausch von Daten in Datenverarbeitungsanlagen vorgeschlagen, das zur quittierten und segmentierten Übertragung von Datensätzen beliebiger Länge zwischen mindestens zwei Stationen der Datenverarbeitungsanlage dient. Das Verfahren umfaßt die Übertragung von den Daten zugeordneten Nachrichten mittels Botschaften, wobei die Botschaften ein Kopffeld und ein Datenfeld enthalten und mittels des Kopffeldes die Priorität der Botschaft bei gleichzeitigem Zugriff mehrere Stationen der Datenverarbeitungsanlage auf die Busverbindung zwischen den Stationen festgelegt wird. Bei dem Verfahren wird im Datenfeld der Botschaften ein Kontrollinformationsfeld (58, 95) eingerichtet, in dem ein Nachrichtencode abgelegt wird, wobei der Nachrichtencode zur Kennzeichnung des Nachrichtentyps dient. Es werden mit dem Nachrichtencode Aktivierungsnachrichten (AR, AC), Datennachrichten (DT) und Quittungsnachrichten (AK) unterschieden. Damit lassen sich Datensätze beschränkter Länge quitiert übertragen. Des weiteren wird in den Kontrollinformationsfeldern (58, 95) einiger Nachrichten eine Sequenznummer, ein Empfängerstatuscode, ein Nachrichtenendecode und ein Code zur Kennzeichnung wieviel Daten mit dieser Botschaft übertragen werden eingetragen. Mit diesen zusätzlichen Informationen können Datensätze beliebiger Länge segmentiert übertragen werden. Der Empfang der einzelnen Teilnachrichten wird durch Rücksendung einer Quittungsnachricht jeweils bestätigt.



DE 41 31 133 A 1

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Austausch von Daten in Datenverarbeitungsanlagen nach der Gattung des Hauptanspruchs.

In den letzten Jahren wurde in Prozeßsteuerungen — insbesondere in Kraftfahrzeugen, Robotern und medizinischen Überwachungs- und Analysegeräten, in Aufzugsystemen, usw. — der Datenaustausch zwischen den einzelnen Steuer- und Regeleinheiten zunehmend mit Hilfe von Verfahren zum seriellen Datenaustausch abgewickelt. Ein solches Verfahren ist aus der Patentschrift DE 35 06 118 C2 bekannt; sie beschreibt die Abwicklung des Datenaustauschs mit Hilfe eines besonderen Datenübertragungsprotokolls, daß unter dem Namen CAN-Protokoll bekannt geworden ist. Weiterhin ist ein solches Verfahren aus der noch nicht veröffentlichten Patentanmeldung DE-P 41 10 428 bekannt, welche die Abwicklung des Datenaustausches gemäß einem erweiterten CAN-Protokoll beschreibt. Die heute auf dem Markt verfügbaren Schnittstellen-Bausteine, die den Datenaustausch nach dem CAN-Protokoll durchführen, decken gemäß dem ISO/OSI-Schichtenmodell (ISO-Standard 7498 sowie 8802.2/3) nur die untersten logischen Schichten, nämlich Physical Layer, Medium Access Control Sublayer (MAC) und Teile der Logical Link Control Sublayer (LLC).

Damit lassen sich aber keine Daten derart zwischen zwei oder mehr Stationen übertragen, daß die Empfänger der Daten den korrekten Empfang der Daten durch Rücksendung einer Quittungsnachricht bestätigen. Ebenfalls ist es nicht möglich, längere Datensätze segmentiert zu übertragen, so daß der Empfänger die einzelnen Datensegmente als zu einem Datensatz zugehörig erkennt. Weiterhin sind Protokolle bekannt, die mit Hilfe von Quittungsnachrichten abgesicherte Datenübertragungen und auch die segmentierte Übertragung längerer Datensätze ermöglichen. Diese Protokolle werden heute zum Beispiel bei der Rechnerkopplung eingesetzt. Hierbei handelt es sich um verbindungsorientierte Protokolle, die für Anwendungen bei Prozeßsteuerungen zu aufwendig und damit ungeeignet sind. Bei ETHERNET sind beispielsweise bei jeder Datenbotschaft umfangreiche Kontrollinformationen, unter anderem Quell- und Zielinformationen, auf der Sicherungsschicht (DATA-LINK-Layer) mitzuübertragen, was im Zusammenhang mit Kommunikationsprotokollen wie dem CAN-Protokoll wegen der geringen Datenmenge pro Botschaft (0—8 Bytes) zu einem sehr geringen Datendurchsatz führen würde.

Für den Einsatz in Prozeßsteuerungen wie dem Kraftfahrzeug geeignete Verfahren für eine angemessene Absicherung der Datenübertragung und/oder zum Austausch größerer Datensätze sind bislang nicht eingeführt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß trotz der Einschränkungen, wie sie bei Protokollen zur Prozeßsteuerung gegeben sind, ein sicherer Datenaustausch mit Hilfe eines Quittungsbetriebes gewährleistet wird. Außerdem können längere Datensätze, wie sie etwa zur Konfiguration oder Initialisierung von Komponenten in Datenverarbeitungsanlagen zur Prozeßsteuerung vorkommen, mit sehr geringem Aufwand segmentiert und übertragen werden. Die Segmentierung längerer Datensätze und deren sichere Übertragung kann gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens so vorgenommen werden, daß pro Botschaft höchstens ein Byte für Kontrollinformationen notwendig ist. Damit kann das erfindungsgemäße Transportprotokoll sehr vorteilhaft auch zusammen mit Kommunikationsprotokollen wie CAN eingesetzt werden.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich. Besonders vorteilhaft ist, zur Einrichtung einer Nachrichten-Verbindung in den Stationen der Nachrichten-Verbindung jeweils ein Sende- und Empfangsobjekt zu speichern. Dies kann bei Inbetriebnahme des Systems geschehen, so daß für die Einrichtung der Verbindungen keine Nachrichten zwischen den kommunizierenden Stationen übertragen werden müssen und während des Betriebs zu keiner Zeit die Notwendigkeit besteht, Quell- und Zieladressen mitzuübertragen. Weiterhin ist es vorteilhaft, zur Aktivierung einer Nachrichten-Verbindung eine Aktivierungs-Nachricht von einer Station auszugeben, die von der empfangenden Station durch eine Bestätigungsnachricht quittiert wird und die Aktivierung der Nachrichten-Verbindung den Benutzern der Verbindung mitzuteilen.

Dadurch findet eine zusätzliche Überprüfung der Nachrichten-Verbindung vor der eigentlichen Datenübertragung statt. Ebenfalls ist es vorteilhaft, in den Kontrollinformationsfeldern der Botschaften, die Datennachrichten oder Quittungsnachrichten übertragen, eine Sequenznummer abzulegen. Damit läßt sich eine Unterscheidung aufeinanderfolgender Datennachrichten, eine Erkennung von Datennachrichtenduplikaten sowie eine Zuordnung von Quittungsnachrichten zu Datennachrichten erreichen. Vorteilhaft ist es auch, in dem Kontrollinformationsfeld einer die Quittungsnachricht übertragenden Botschaft ein Empfängerstatusfeld vorzusehen und in dieses eine Information über den Status des Empfängers einzutragen. Daraufhin kann die sendende Station geeignete Maßnahmen, wie Absendung weiterer zusätzlicher Botschafter oder Verzögerung der Absendung weiterer Botschaftsabsendungen durchführen. Ebenfalls vorteilhaft ist es, beim Ausbleiben einer Quittungsnachricht die Datennachricht nach einer vorbestimmten Wartezeit erneut auszusenden und bei wiederholtem Ausbleiben der Quittungsnachricht die Nachricht nur so oft erneut auszusenden, bis eine bestimmte Anzahl von Sendewiederholungen erreicht ist, und bei Überschreitung der bestimmten Anzahl von Sendewiederholungen die Nachrichtenverbindung zu detektieren und die Deaktivierung der Nachrichten-Verbindung den Benutzern mitzuteilen.

Für die Vorrichtung zum Aufbau der Botschaften ist es vorteilhaft, in dem Schnittstellen-Baustein zur fortlau-

fenden Numerierung von Datennachrichtensegmenten einen Sendefolgezähler zu installieren. Weiterhin ist es vorteilhaft, einen Empfangsfolgezähler zu installieren, der zur Speicherung der Sequenznummer der nächsten zum Empfang erwarteten Nachricht oder des nächsten zum Empfang erwarteten Datennachrichtensegmentes dient. Zur stationsübergreifenden Flußkontrolle ist es vorteilhaft, den Inhalt des Empfängerstatusfeldes in einem Zwischenspeicher zu speichern. Weiter vorteilhaft ist, zur Kennzeichnung der Anzahl der Datensegmente einen Datensegmentspeicher in der Vorrichtung vorzusehen, und zur Kennzeichnung der Gesamtlänge der Datenbytes einer Datennachricht oder eines Datennachrichtensegmentes einen Datenlängenspeicher zu installieren. 5

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. 10

Es zeigt

Fig. 1 eine Darstellung zur Einordnung des erfindungsgemäßen Verfahrens in das ISO/OSI-Schichtenmodell, 15

Fig. 2 eine allgemeine Darstellung einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung innerhalb einer Schicht des ISO/OSI-Schichtenmodells,

Fig. 3a ein Ausführungsbeispiel einer CAN-Verbindung zwischen zwei Stationen eines Datenverarbeitungssystem, 20

Fig. 3b den formalen Aufbau eines Sende- oder Empfangs-Objektes,

Fig. 4a die schematische Darstellung der Zuordnung dreier Data-Link- bzw. Transport-Verbindungen zu drei einzelnen CAN-Verbindungen innerhalb des ISO/OSI-Schichtenmodells, 25

Fig. 4b eine schematische Darstellung der Zuordnung dreier Data-Link- bzw. Transport-Verbindungen zu einer CAN-Verbindung innerhalb des ISO/OSI-Schichtenmodells,

Fig. 4c die schematische Darstellung einer Zuordnung von einer Data-Link- bzw. Transport-Verbindung zu drei verschiedenen CAN-Verbindungen innerhalb des ISO/OSI-Schichtenmodells, 30

Fig. 5 den formalen Aufbau des Datenfeldes der Botschaften, bei der Übertragung der verschiedenen Data-Link-Nachrichten, 35

Fig. 6 den formalen Aufbau des Kontrollinformationsfeldes der Botschaften bei der Übertragung der verschiedenen Data-Link-Nachrichten,

Fig. 7 den Zustandsgraphen einer Data-Link-Sendeprotokollinstanz, 40

Fig. 8 den Zustandsgraphen einer Data-Link-Empfangsprotokollinstanz,

Fig. 9 den formalen Aufbau des Datenfeldes der Botschaften, bei der Übertragung der verschiedenen Transport-Nachrichten, 45

Fig. 10 den formalen Aufbau des Kontrollinformationsfeldes der Botschaften bei der Übertragung der verschiedenen Transport-Nachrichten, 50

Fig. 11 ein Beispiel für die segmentierte Übertragung einer 15 Bytes langen Datensatzes, 55

Fig. 12 den Zustandsgraphen einer Transport-Sendeprotokollinstanz,

Fig. 13 den Zustandsgraphen einer Transport-Empfangsprotokollinstanz.

Beschreibung der Erfindung

1.1. Merkmale des Verfahrens

Das im Ausführungsbeispiel beschriebene erfindungsgemäße Verfahren baut auf dem CAN-Protokoll auf. Das Verfahren kann jedoch ebenso gut auf der Basis anderer Prozeßsteuerungsprotokolle, wie z. B. VAN oder J1850, eingesetzt werden. 45

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht den sicheren Datenaustausch zwischen zwei Stationen, die mittels des CAN-Protokolls (oder eines anderen Prozeßsteuerungsprotokolls) kommunizieren. **Fig. 1** zeigt die Einordnung des CAN-Protokolls 17 in das ISO/OSI-Schichtenmodell. Das CAN-Protokoll 17 deckt darin die Bitübertragungsschicht (Physical Layer 11) und Teile der Sicherungsschicht (Data-Link-Layer 16) ab. Die Data-Link Layer 16 ist in eine MAC Sublayer 12 und eine LLC Sublayer Type 1, 2, 3 Operation 13 unterteilt. Über der Data-Link-Layer 16 ist die Network Layer 14 und darüber die Transport Layer 15 angeordnet. An der Schnittstelle S1 des CAN-Protokolls 17 mit der Data-Link-Layer 16 bietet das CAN-Protokoll 17 einen Dienst für die unquitierte Übertragung von bis zu acht Byte langen Daten an. Dieser Dienst ist vergleichbar dem ISO 8802-2 LLC Unacknowledged Connectionless-Mode Data-Transfer-Service — Type 1 Operation. Aufbauend auf diesem Dienst, ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren: 55

1) Die quitierte Übertragung einer Botschaft zwischen zwei Stationen (vergleichbar dem ISO 8802-2 LLC Acknowledged Connectionless-Mode Service — Type 3 Operation). Das den quitierten Übertragungsdienst erbringende Protokoll ist entsprechend ISO/OSI der Data-Link-Schicht 16 zuzuordnen, und wird im folgenden als Data-Link-Protokoll 18 bezeichnet (Beschreibung siehe 1.3). 60

2) Die sichere, segmentierte Übertragung von Daten beliebiger Länge zwischen zwei Stationen. Das den Dienst für die Übertragung langer Daten erbringende Protokoll ist entsprechend ISO/OSI der Transport-schicht 15 zuzuordnen und wird im folgenden als Transport-Protokoll 19 bezeichnet (Beschreibung siehe 1.4). 65

Die Datenübertragung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt über virtuelle Data-Link- bzw. Transport-Verbindungen, die bei der Netzprojektierung festgelegt und bei Systeminitialisierung für die Dauer der

Systembetriebszeit eingerichtet werden. Die virtuellen Data Link- bzw. Transport-Verbindungen sind dabei Nachrichten-Verbindungen zwischen zwei Stationen des Datenverarbeitungssystems, die nur zu bestimmten Zeiten (jeweils nach Aktivierung einer Verbindung) benutzt werden. Die Übertragung der Nachrichten geschieht bei jeder Nachrichten-Verbindung über das gleiche Übertragungsmedium 10, das die einzelnen Stationen des Datenverarbeitungssystems miteinander verbindet. Eine Data-Link-Verbindung wird dabei als Dienst der Data-Link-Schicht dem Data-Link-Benutzer angeboten. Eine Transport-Verbindung wird dabei als Dienst der Transport-Schicht dem Transport-Benutzer angeboten. Da die Verbindungen bereits in der Netzprojektierungsphase festgelegt werden, müssen bei ihrer Einrichtung keine Nachrichten zwischen den kommunizierenden Instanzen ausgetauscht werden.

Vor Beginn der eigentlichen, beliebig langen Datenübertragungsphase wird in einer sogenannten Verbindungsaktivierungsphase die Kommunikationsbereitschaft der den Verbindungsdienst erbringenden Protokollinstanzen durch ein Handshake-Verfahren überprüft. Nach erfolgreicher Verbindungsaktivierung wissen die Kommunikationspartner, daß eine Verbindung für die Kommunikation bereitsteht und daß die den Verbindungsdienst erbringenden Protokollinstanzen im sende- bzw. empfangsbereiten Zustand sind. Die Aktivierung einer Verbindung wird von einem der beiden Kommunikationspartner oder von einer der entsprechenden Schicht zugeordneten Netzmanagementinstanz angestoßen. Im Falle (wiederholt) auftretender Fehler kann eine Verbindung automatisch deaktiviert werden. Die erneute Aktivierung (Reaktivierung) einer deaktivierten Verbindung bewirkt, daß die den Verbindungsdienst erbringenden Protokollinstanzen zurückgesetzt werden und damit wieder in einem Zustand sind, in dem sie Daten austauschen können.

1.2. Verbindungen

Fig. 2 zeigt den Austausch von Daten über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Sinne des ISO/OSI-Schichtenmodells. Die Verbindung 24 verläuft dabei zwischen zwei Protokollinstanzen der Schicht (N) und wird den Benutzern der Schicht (N) als Dienst angeboten. Nachdem die Verbindung 24 eingerichtet ist, können die Benutzer der Schicht (N) Daten über diese Verbindung 24 nach dem Protokoll der Schicht (N) miteinander austauschen. Dazu legt der Benutzer einen entsprechenden Dienstauftrag, bestehend aus einem Kommando (z. B. T_DATA.request) und den zu übertragenden Daten am Verbindungspunkt (CEP) (26, 28) des Dienstzugangspunktes (SAP) (25, 27) ab. Dem Dienstauftrag müssen keine Quell- und Zieladressen mitgegeben werden, da diese Information implizit in der verwendeten Verbindung enthalten ist. Prinzipiell können über eine Verbindung Daten in beiden Richtungen ausgetauscht werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet drei Arten von Verbindungen:

- 1) CAN-Verbindungen werden an der Schnittstelle S1 (Fig. 1) auf der Basis des CAN-Protokolls angeboten.
- 2) Data-Link-Verbindungen werden an der Schnittstelle S2 (Fig. 1) auf der Basis einer oder mehrerer CAN-Verbindungen angeboten.
- 3) Transport-Verbindungen werden an der Schnittstelle S3 (Fig. 1) auf der Basis einer oder mehrerer CAN-Verbindungen angeboten.

Fig. 3a zeigt ein Beispiel für die Realisierung einer CAN-Verbindung. Der Aufbau eines Sendeobjektes 36, 37 und eines Empfangsobjektes 35, 38 ist in Fig. 3b dargestellt. Jedes Sende- und Empfangsobjekt besitzt ein Kopffeld 39 und ein Datenfeld 40. Das Kopffeld 40 wird im folgenden als IDENTIFIER bezeichnet. Das letzte Bitfeld 41 des IDENTIFIER ist in Fig. 3b gesondert dargestellt. Ein stationsübergreifendes Sende-/Empfangsobjekt-Paar 36, 38 bzw. 37, 35 mit gleichem IDENTIFIER 39, aber unterschiedlicher Belegung des RECEIVE/TRANSMIT-Bits (LOW für das Sendeobjekt und HIGH für das Empfangsobjekt) definiert dabei einen Kanal 32 bzw. 31, über den Daten in eine Richtung übertragen werden können. Die Werte der beiden IDENTIFIER 39, die eine Verbindung kennzeichnen sind prinzipiell beliebig. Zweckmäßig ist die Wahl von IDENTIFIER 39, die bis auf das Bit im letzten Bit-Feld 41 den gleichen Wert haben. Das letzte Bit legt dann die Datenrichtung aus der Sicht einer Station 33, 34 fest. Die Verbindung selbst und ihre Priorität läßt sich dadurch auf einfache Weise durch die ersten $n-1$ Bits des IDENTIFIER 39 identifizieren. Innerhalb einer Station repräsentiert das Sende-/Empfangsobjekt-Paar einer Verbindung den Verbindungsendpunkt (CEP), 46... 51.

Auf der Basis von CAN-Verbindungen können Verbindungen auf höheren Schichten (Data-Link-Layer, Transport-Layer usw.) bei der Netzprojektorientierung eingerichtet werden. Die Adressierung dieser Verbindungen und die Abbildung von Verbindungen der Schicht (N+1) auf Verbindungen der Schicht (N) kann gemäß ISO 7498 erfolgen.

Fig. 4a zeigt schematisch die Abbildung von der Verbindung 46 in der höheren Schicht 2 auf die Verbindung 49 in der niederen Schicht 1 mit Hilfe einer Protokollinstanz 52 in der Schicht 2. In gleicher Weise wird die Verbindung 47 in der Schicht 2 auf die Verbindung 50 in der Schicht 1 und die Verbindung 48 auf die Verbindung 51 durch die Protokoll-Instanz 52 abgebildet.

Für die Protokoll-Instanz 52 der Schicht 2 kommen hier z. B. eine Data-Link- bzw. Transport-Protokollinstanz in Frage. Die Verbindungen 49, 50 und 51 stellen dann drei CAN-Verbindungen, die in der Schicht 1 mit Hilfe einer CAN-Protokollinstanz betrieben werden, dar.

Fig. 4b zeigt hingegen die Abbildung der drei Verbindungen 46, 47 und 48 der Schicht 2 auf lediglich eine CAN-Verbindung 49 in der Schicht 1. Dies entspricht einem Multiplex-Mode der Protokollinstanz 52.

Fig. 4c zeigt die Abbildung der Verbindung 46 der Schicht 2 auf die drei Verbindungen 49, 50 und 51 in der Schicht 1. Dies entspricht einem "Splitting"-Mode der Protokollinstanz 52.

Auf der Basis des erweiterten CAN-Protokolls ist es möglich, eine Verbindung zwischen einem Sender und mehreren Empfängern einzurichten und Daten quitiert über eine sogenannten Mehrpunkt-Verbindung zu

übertragen. Die ersten 10 Bits des kurzen Identifizierers im erweiterten CAN-Protokoll identifizieren dabei die Verbindung. Das letzte Bit des kurzen Identifizierers legt die Datenrichtung fest. Bei Empfang einer Botschaft werten die Empfänger den kurzen Identifizierer aus und übernehmen gegebenenfalls die Botschaft. Die Empfänger bestätigen die Übernahme von Botschaften durch das Senden einer Quittungsnachricht, wobei die letzten 18 Identifiziererbits ("Identifier Extension") der die Quittung übertragenden Botschaft den Sender der Quittungsnachricht identifizieren.

1.3 Beschreibung des Data-Link-Protokolls

Das Data-Link-Protokoll 18 ermöglicht die verbindungsorientierte, quittierte Übertragung einer einzelnen Datennachricht zwischen zwei Benutzern der Data-Link-Layer 16. Daten werden über virtuelle Data-Link-Verbindungen übertragen (siehe Abschnitt 1.2). Die beliebig lange Datenübertragungsphase beginnt nach erfolgreicher Verbindungsaktivierung (siehe Abschnitt 1.1). Nach Aussenden einer Datennachricht zeigt der Eingang einer korrekten Quittungsnachricht an, daß die zu quittierende Datennachricht korrekt empfangen wurde und daß der Empfang der Nachricht dem Data-Link-Benutzer in der Empfangsstation angezeigt wurde. Wenn nach einer gewissen vordefinierten Zeit die Quittungsnachricht nicht eingetroffen ist, wiederholt das Data-Link-Protokoll selbständig das Aussenden der Datennachricht. Nach wiederholter, erfolgloser Übertragung der Datennachricht wird die verwendete Verbindung deaktiviert. Das Ergebnis der Übertragung und die Deaktivierung einer Verbindung werden dem Benutzer angezeigt. Bezogen auf eine Verbindung kann nach dem Aussenden einer Datennachricht erst dann die nächste Datennachricht mit Hilfe einer Botschaft übertragen werden, wenn die Quittungsnachricht für die vorhergehende Datennachricht eingetroffen ist.

1.3.1 Dienste (siehe Tabelle 1)

1.3.1.1 Protokollinitialisierung

Die Dienstelemente für die Initialisierung des Data-Link-Protokolls 18 sind D_INIT.req und D_INIT.con. Die Initialisierung wird mit D_INIT.req angefordert und mit D_INIT.con bestätigt. Die Wirkung der Initialisierung ist nur lokal: Die Variablen des Data-Link-Protokolls 18 werden mit ihren Voreinstellungswerten belegt (siehe Tabelle 2).

1.3.1.2 Verbindungsaktivierung

Die Dienstelemente für die Aktivierung einer Data-Link-Verbindung sind D_ACTIVATE.req, D_ACTIVATE.ind und D_ACTIVATE.con. Die Wirkung von D_ACTIVATE.req ist, daß die den Verbindungsdienst erbringenden Protokollinstanzen in einen kommunikationsbereiten Zustand gesetzt werden, wobei die Protokoll-Variablen ihre Voreinstellungswerte einnehmen. Wenn Verbindungsbenutzer A den Dienstauftrag D_ACTIVATE.req gibt, wird nach erfolgreicher Aktivierung dies dem Verbindungsbenutzer B in der entfernten Station mittels D_ACTIVATE.ind angezeigt. Das Dienstelement D_ACTIVATE.con bestätigt den Dienstauftrag.

1.3.1.3 Datenübertragung

Die Dienstelemente für die Datenübertragung sind D_DATA_ACK.req, D_DATA_ACK.ind und D_DATA_ACK.con. Mit D_DATA_ACK.req wird die quittierte Übertragung von Daten (Parameter: DATA) der Länge DATA_LENGTH angefordert. Nach korrekter Übertragung wird der Empfang der Daten dem Kommunikationspartner mittels des Dienstelements D_DATA_ACK.ind angezeigt. Das Ergebnis der Übertragung wird dem Auftraggeber durch das Dienstelement D_DATA_ACK.con mitgeteilt.

1.3.1.4 Verbindungsdeaktivierung

Eine Verbindung wird nach wiederholter, erfolgloser Übertragung vom Dienstbringer deaktiviert. Die Deaktivierung wird dem Dienstbenutzer durch das Dienstelement D_DEACTIVATED.ind angezeigt.

Tabelle 1

Phase	Dienstelemente	Parameter
Protokoll- initialisierung	D_INIT.req D_INIT.con	() (INIT_STATUS)
Verbindungs- aktivierung	D_ACTIVATE.req D_ACTIVATE.ind D_ACTIVATE.con	() () (CONNECTION_STATUS)
Daten- übertragung	D_DATA_ACK.req D_DATA_ACK.ind D_DATA_ACK.con	(DATA_LENGTH,DATA) (DATA_LENGTH,DATA) (TRANSFER_STATUS)
Verbindungs- deaktivierung	D_DEACTIVATED.ind	()

1.3.2 Data-Link-Nachrichten

Eine Nachricht wird mit einer Botschaft übertragen. Die Botschaft besitzt ein Kopffeld (IDENTIFIER) und ein Datenfeld. Data-Link-Verbindungen werden, wie in der Beschreibung der Fig. 2, 3a, 4a, 4b und 4c erläutert, durch eine Data-Link-Protokollinstanz auf CAN-Verbindungen abgebildet. Eine Data-Link-Nachricht wird daher mit einer Botschaft übertragen, die den gleichen formalen Aufbau wie eine CAN-Botschaft besitzt.

Das Data-Link-Protokoll unterscheidet vier Typen von Nachrichten:

AR (ACTIVATION REQUEST):

Aktivierungsnachricht zur Aktivierung einer Data-Link-Verbindung.

AC (ACTIVATION CONFIRM):

Bestätigungsnachricht zur Bestätigung der Aktivierung einer Daten-Link-Verbindung.

DT (DATA):

Datennachricht zur Übertragung von Daten über eine Data-Link-Verbindung.

AK (DATA-ACKNOWLEDGEMENT):

Quittungsnachricht zur Bestätigung des Empfangs einer Datennachricht über eine Data-Link-Verbindung.

Fig. 5 zeigt die Datenfelder 57 der Botschaften, die die einzelnen Nachrichten des Data-Link-Protokolls übertragen. Das Datenfeld 57 enthält bei den Nachrichten AR, AC, DT und AK ein Kontrollinformationsfeld 54 und bei der Datennachricht DT zusätzlich ein Feld 59 zur Aufnahme der Daten, die mit dieser Nachricht DT übertragen werden. Das Feld 59 kann maximal 7 Byte Daten aufnehmen. Der Nachrichtentyp wird anhand einer mitgegebenen Kontrollinformation (DPCI), die im Kontrollinformationsfeld der die Nachricht übertragenden Botschaft enthalten ist, identifiziert. Die Kontrollinformation umfaßt höchstens ein Byte und ist im Datenfeld 57 einer CAN-Botschaft lokalisiert.

Fig. 6 zeigt die Einteilung der Kontrollinformationsfelder 58 für die Botschaften zur Übertragung der verschiedenen Nachrichtentypen. Für die Unterscheidung der vier Nachrichtentypen ist innerhalb des Kontrollinformationsfeldes 58 ein Feld 63 zur Aufnahme eines Nachrichtencodes vorgesehen. Der Nachrichtencode besteht im Regelfall mindestens aus zwei Bits. Eine weitere Möglichkeit ist, für den Nachrichtencode der Datennachrichten nur 1 Bit vorzusehen und für die Nachrichtencodes der Nachrichtentypen AR, AC und AK zwei oder mehr Bits vorzusehen. Die Kontrollinformationsfelder 58 der Botschaften zur Übertragung der Nachrichtentypen DT und AK enthalten darüber hinaus ein Feld 64 zur Aufnahme einer Sequenznummer SN. Die Sequenznummer dient zur Unterscheidung aufeinanderfolgender DT-Nachrichten, für die Zuordnung von Quittungsnachrichten AK zu Datennachrichten DT und für die Erkennung von Nachrichtenduplikaten. Das Feld 64 zur Aufnahme der Sequenznummer SN umfaßt mindestens 1 Bit. Das Kontrollinformationsfeld 58 der Botschaften zur Übertragung der Quittungsnachrichten AK enthält darüber hinaus noch ein Empfängerstatusfeld 65. In dem Empfängerstatusfeld 65 wird eine Information RS über den Status des Empfängers abgelegt. Diese Information kann zur stationsübergreifenden Flußkontrolle verwendet werden. Das Empfängerstatusfeld 65 umfaßt mindestens ein Bit zur Kennzeichnung, ob der Empfänger empfangsbereit ist oder nicht.

1.3.3 Variablen und Parameter

Das Protokoll verwendet folgende Variablen und Parameter (siehe Tabelle 2):

1) Sendefolgevariable V(S)

Variable zur fortlaufenden Numerierung von Datennachrichten DT. V(S) kann die Werte 0 und 1 annehmen. Nach Empfang einer korrekten Quittungsnachricht AK wird der Wert von V(S) komplementiert.

2) Empfangsfolgevariable V(R)

Variable zur Speicherung der Sequenznummer der nächsten zum Empfang erwarteten Datennachricht DT. V(R) kann die Werte 0 und 1 annehmen. Nach korrektem Empfang der erwarteten Datennachricht DT wird der Wert von V(R) komplementiert.

3) Verbindungsstatusvariable V(C)

Variable zur Speicherung des Status einer Verbindung. Die Variable kann die Werte NOT_ACTIVATED, DEACTIVATED, RECEIVE_READY und RECEIVE_NOT_READY annehmen.

4) Sendewiederholungsvariable RC

Variable zur Speicherung der aktuellen Anzahl der Sendewiederholungen der Nachrichten vom Typ AR und DT.

5) DPDU-Variable SN

Sequenznummervariable der Nachrichtentypen AR und DT.

6) DPDU-Variable RS

Variable der Quittungsnachricht AK zur Kennzeichnung des Status der Empfangsprotokollinstanz. RS kann die Werte RR (Receive Ready) und RNR (Receive Not Ready) annehmen.

7) Protokollparameter MNT

MNT ist die maximale Anzahl von automatischen Sendewiederholungen für eine Datennachricht DT bzw. für eine Aktivierungsnachricht AR.

8) Protokollparameter T_A

T_A ist die Zeiteinheit, in der eine Quittungsnachricht AK bzw. eine Bestätigungsnachricht AC erwartet wird.

Tabelle 2

Name	Bedeutung	Wert Bereich	Voreinstellung
Protokollvariablen			
V(S)	Sendefolgezähler	[0,1]	0
V(R)	Empfangsfolgezähler	[0,1]	0
V(C)	Verbindungsstatus	[NOT_ACTIVATED, DEACTIVATED, RECEIVE_READY, RECEIVE_NOT_READY]	NOT_ACTIVATED
RC	Sendewiederholungszähler	[0,MNT]	0
DPDU-Variablen			
SN	Sequenznummer	[0,1]	0
RS	Empfangsstatus	[RR,RNR]	—
Protokollparameter			
MNT	Maximale Anzahl von Sendewiederholungen		
T _A	Wartefrist		

1.3.4 Zustandsgraphen und Automatentabellen

1.3.4.1 Zustandsgraph der Data-Link-Sendeprotokollinstanz

Fig. 7 zeigt den Zustandsgraphen der Data-Link-Sendeprotokollinstanz. Die Zustände sind durch Kreise dargestellt. Die Übergänge zwischen den Zuständen sind durch numerierte Übergangspfeile dargestellt. Ein Übergang findet aufgrund bestimmter Ereignisse statt. Bei den Übergängen werden in der Regel bestimmte Aktionen durchgeführt. Welche Ereignisse zu den Übergängen führen und welche Aktionen bei den Übergängen durchgeführt werden, kann der Automatentabelle in 1.3.4.2 entnommen werden.

Wie in **Fig. 7** dargestellt, hat die Data-Link-Sendeprotokollinstanz folgende Zustände:

1) INACTIVE

Der Zustand INACTIVE wird nach der Initialisierung des Protokolls eingenommen. In diesem Zustand wartet die Protokollinstanz auf den Auftrag zur Aktivierung der Verbindung (Ereignis D_ACTIVATE_REQ) bzw. auf den Eingang einer Aktivierungsnachricht AR der Partnerprotokollinstanz. Wenn das Ereignis D_ACTIVATE_REQ auftritt, wird die Aktivierungsnachricht AR an die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz gesendet (Aktion SEBD (AR)) und der Folgezustand START_UP eingenommen (Übergangspfeil 71).

Wenn im Zustand INACTIVE (vor Eingang des Verbindungsaktivierungsauftrags) die Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AR), wird eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion SEND (AC)) und der Folgezustand IDLE eingenommen (Übergangspfeil 72), in dem die Data-Link-Sendeprotokollinstanz Aufträge zur quitierten Übertragung von Data entgegennimmt.

2) START_UP

Im Zustand START_UP wartet die Data-Link-Sendeprotokollinstanz auf die Bestätigungsnachricht AC (Bestätigung der Verbindungsaktivierung) der angesprochenen Data-Link-Empfangsprotokollinstanz. Nach Eingang der Bestätigungsnachricht AC oder nach Eingang der Aktivierungsnachricht AR (Verbindungsaktivierungswunsch der Data-Link-Empfangsprotokollinstanz) wechselt die Data-Link-Sendeprotokollinstanz in den Zustand IDLE (Übergangspfeil 73), in dem sie Aufträge zur quitierten Übertragung von

Daten entgegennimmt (die angesprochene Data-Link-Empfangsprotokollinstanz geht quasi gleichzeitig in den Zustand READY (Übergangspfeil 85 von Fig. 8). Wenn die Bestätigungsnachricht AC nach Ablauf der Wartefrist T_A nicht eingetroffen ist (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC < MNT)$), wird das Senden der Aktivierungsnachricht AR automatisch wiederholt (Übergangspfeil 74). Nach MNT unquittierten Übertragungen der Aktivierungsnachricht AR (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC = MNT)$) geht die Data-Link-Sende-protokollinstanz in den Zustand INACTIVE und zeigt die erfolglose Verbindungsaktivierung dem Benutzer an (Übergangspfeil 75).

3) IDLE

Im Zustand IDLE wartet die Data-Link-Sendeprotokollinstanz auf einen Auftrag zur quittierten Übertragung von Daten. Nach Auftreten des entsprechenden Ereignisses $D_DATA_ACK_REQ$ wird eine Datennachricht DT mit der Kontrollinformation und den zu übertragenden Daten gebildet, gesendet (Aktion SEND (DT)) und der Folgezustand WAIT_AK eingenommen (Übergangspfeil 76). Wenn im Zustand IDLE eine Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AR), werden den Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte zugewiesen und ein Bestätigungsnachricht AC (Aktion SEND (AC)) gesendet; die Verbindungsaktivierung wird dem Benutzer angezeigt (Aktion $D_ACTIVATE_IND()$) (Übergangspfeil 77).

4) WAIT_AK

Im Zustand WAIT_AK wartet die Data-Link-Sendeprotokollinstanz auf das Eintreffen der Quittungsnachricht AK, die den korrekten Empfang der vorhergehenden Datennachricht DT bestätigen soll. Wenn die erwartete Quittung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AK ($SN < > V(S)$)), wird die erfolgreiche Übertragung der Daten dem Benutzer angezeigt und der Folgezustand IDLE eingenommen (Übergangspfeil 78). Wenn nach Ablauf der Wartefrist T_A die Quittung AK nicht eingetroffen ist (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $RC < MNT$), wird das nach MNT unquittierten Übertragungen der Datennachricht DT (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC = MNT)$), wird die Verbindung deaktiviert; die Data-Link-Sendeprotokollinstanz geht wieder in den Zustand INACTIVE und zeigt die erfolglose Übertragung und die Deaktivierung der Verbindung dem Benutzer an (Übergangspfeil 83). Quittungen mit falscher Sequenznummer (Ereignis RECEIVE_AK ($SN = V(S)$, $RS = RR$)) werden im Zustand WAIT_AK ignoriert (Übergangspfeil 79). Wenn eine Quittungsnachricht AK eintrifft, die anzeigt, daß die Empfangsprotokollinstanz nicht empfangsbereit ist (Ereignis RECEIVE_AK ($SN = V(S)$, $RS = RNR$)), wird die Sendewiederholung der vorhergehenden Datennachricht DT verzögert (Übergangspfeil 80). Wenn im Zustand WAIT_AK eine Nachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft Ereignis (RECEIVE_AR), werden den Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte zugewiesen, eine Bestätigungsnachricht AK gesendet (Aktion SEND (AC)) und der Folgezustand IDLE eingenommen (Übergangspfeil 81). Die laufende Datenübertragung wird dabei abgebrochen; die erfolglose Datenübertragung und die Verbindungsaktivierung werden dem Benutzer angezeigt.

1.3.4.2 Automatentabelle der Data-Link-Sendenprotokollinstanz

Tabelle 3 zeigt die Automatentabelle der Data-Link-Sendeprotokollinstanz. Die Spalte ÜGPN enthält die Übergangspfeilnummern für die Fig. 7.

Zustände

(Beschreibung siehe 1.3.4.1)

- 1) INACTIVE
- 2) START_UP
- 3) IDLE
- 4) WAIT_AK

Ereignisse

- 1) $D_AKTIVATE_REQ$
Eingang eines Auftrags zur Verbindungsaktivierung.
- 2) RECEIVE_AR
Empfang einer Aufforderung zur Verbindungsaktivierung.
- 3) RECEIVE_AC
Empfang einer Bestätigung der Verbindungsaktivierung.
- 4) $TA_EXPIRED$ and $(RC < MNT)$
Wartefrist für das Eintreffen einer Bestätigungsnachricht AC oder Quittungsnachricht AK ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist nicht überschritten.
- 5) $TA_EXPIRED$ and $(RC = MNT)$
Wartefrist für das Eintreffen einer Bestätigungsnachricht AC oder Quittungsnachricht AK ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist erreicht.
- 6) $D_DATA_ACK_REQ$ ($DATA_LENGTH$, DATA)
Eingang eines Auftrags zur Übertragung der Daten DATA der Länge $DATA_LENGTH$.
- 7) RECEIVE_AK ($SN < > V(S)$)
Empfang einer Quittung, die den korrekten Empfang der vorhergehenden Datennachricht DT bestätigt.
- 8) RECEIVE_AK ($SN = V(S)$, $RS = RR$)

Empfang einer Quittung, deren Sequenznummer SN identisch ist mit der Sequenznummer der vorhergehenden Datennachricht DT. Dieses Ereignis kann auftreten, wenn durch vorzeitigen Fristablauf eine Datennachricht DT erneut gesendet wird und der Empfänger diese Nachricht als Duplikat erkennt. Die Statusinformation RS zeigt an, daß der Empfänger empfangsbereit ist.

9) RECEIVE_AK (SN = V(S), RS = RNR)

Empfang einer Quittung, deren Sequenznummer SN identisch ist mit der Sequenznummer der vorhergehenden Datennachricht DT. Dieses Ereignis kann auftreten, wenn die Data-Link-Empfangskontrollinstanz eine Datennachricht DT nicht entgegennehmen kann. Die Statusinformation RS = RNR zeigt an, daß der Empfänger nicht empfangsbereit ist.

Aktionen/Funktionen

1) SEND (AR)

Senden einer Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung.

2) SEND (DT)

Senden einer Datennachricht DT.

3) SEND (AC)

Senden einer Bestätigungsnachricht AC zur Bestätigung der Verbindungsaktivierung.

4) RESEND_AR

Wiederholung des Sendens einer Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung.

5) RESEND_LAST_DT

Wiederholung des Sendens der letzten Datennachricht DT.

6) START_TA

Rücksetzen und Starten des Timers zur Überwachung der Wartefrist T_A.

7) CANCEL_TA

Rücksetzen des Timers zur Überwachung der Wartefrist T_A.

8) RC := 1

Setzen der Sendewiederholungsvariablen RC auf den Wert 1.

9) RC := RC + 1

Inkrementieren der Sendewiederholungsvariablen RC um den Wert 1.

10) V(S) := 1 - V(S)

Komplementieren der Sendefolgevariablen V(S).

11) V(C) := RECEIVE_READY

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert RECEIVE_READY.

12) V(C) := DEACTIVATED

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert DEACTIVATED.

13) V(C) := NOT_ACTIVATED

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert NOT_ACTIVATED.

14) RESET_VARIABLES()

Besetzen der Protokollvariablen mit den Voreinstellungswerten (siehe Tabelle 2).

15) DT := DT (SN = V(S))

Bildung einer Datennachricht DT. Der Sequenznummernvariablen SN wird dabei der Wert der Sendefolgevariablen V(S) zugewiesen.

16) D_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS = V(C))

Bestätigung des Verbindungsaktivierungsdienstes.

17) D_ACTIVATE_IND()

Anzeige einer Verbindungsaktivierung.

18) D_DATA_ACK_CON (TRANSFERSTATUS := SUCCESS)

Positive Bestätigung des Datenübertragungsdienstes.

19) D_DATA_ACK_CON (TRANSFERSTATUS := NO_SUCCESS)

Negative Bestätigung des Datenübertragungsdienstes.

20) D_DEACTIVATED_IND()

Anzeige einer automatischen Verbindungsdeaktivierung.

Tabelle 3

ÜGPN	Zustand	Ereignis	Aktion(en)	Folgezustand	
5					
71	INACTIVE	D_ACTIVATE_REQ	SEND(AR) START_TA RC:=1	START_UP	
10	72	INACTIVE	RECEIVE_AR	SEND(AC) V(C):=RECEIVE_READY D_ACTIVATE_IND()	IDLE
15	73	START_UP or RECEIVE_AR	CANCEL TA V(C):=RECEIVE_READY D_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS:= V(C))	IDLE	
20	74	START_UP TA_EXPIRED and (RC<MNT)	RESEND AR START TA RC:=RC+1	START_UP	
25	75	START_UP TA_EXPIRED and (RC=MNT)	RESET VARIABLES() V(C):=NOT_ACTIVATED D_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS:= V(C))	INACTIVE	
30	76	IDLE D_DATA_ACK_REQ (DATA_LENGTH, DATA)	DT:=DT(SN:=V(S)) SEND(DT), START_TA RC:=1	WAIT_AK	
35	77	IDLE RECEIVE_AR	RESET VARIABLES() SEND(AC) D_ACTIVATE_IND()	IDLE	
40	78	WAIT_AK RECEIVE_AK (SN<>V(S))	CANCEL TA V(S):=1-V(S) D_DATA_ACK_CON (TRANSFER_STATUS:= SUCCESS) RC:=0	IDLE	
45	79	WAIT_AK RECEIVE_AK (SN=V(S),RS=RR)	(NO ACTION)	WAIT_AK	
50	80	WAIT_AK RECEIVE_AK SN=V(S),RS=RNR)	START_TA	WAIT_AK	
55	81	WAIT_AK RECEIVE_AR	RESET VARIABLES() SEND(AC) D_DATA_ACK_CON (TRANSFER_STATUS:= NO_SUCCESS) D_ACTIVATE_IND()	IDLE	
60	82	WAIT_AK (TA_EXPIRED) and(RC<MNT)	RESEND_LAST_DT START_TA RC:=RC+1	WAIT_AK	
	83	WAIT_AK (TA_EXPIRED) and(RC=MNT)	RESET VARIABLES() V(C):=DEACTIVATED D_DATA_ACK_CON (TRANSFER_STATUS:= NO_SUCCESS) D_DEACTIVATED_IND()	INACTIVE	

1.3.4.3 Zustandsgraph der Data-Link-Empfangsprotokollinstanz.

Fig. 8 zeigt den Zustandsgraphen der Data Link-Empfangsprotokollinstanz Für die Fig. 8 gilt der gleiche

Formalaufbau wie in Fig. 7. Die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz hat folgende Zustände:

1) INACTIVE

Im Zustand INACTIVE befindet sich die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz nach der Initialisierung. In diesem Zustand wartet die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz auf den Auftrag zur Aktivierung der Verbindung (Ereignis D_ACTIVATE_REQ) bzw. auf den Eingang einer Aktivierungsnachricht AR der Partnerprotokollinstanz. Wenn das Ereignis D_ACTIVATE_REQ auftritt, wird die Aktivierungsnachricht AR an die Data-Link-Sendeprotokollinstanz gesendet (Aktion SEND (AR)) und der Folgezustand START_UP eingenommen (Übergangspfeil 71).

Wenn im Zustand INACTIVE (vor Eingang des Verbindungsaktivierungsauftrags) die Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AR), wird eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion SEND (AC)) und der Folgezustand READY eingenommen, in dem die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz bereit ist, Daten zu empfangen (Übergangspfeil 84).

2) START_UP

Im Zustand START_UP wartet die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz auf die Bestätigungsnachricht AC (Bestätigung der Verbindungsaktivierung) der angesprochenen Data-Link-Sendeprotokollinstanz. Nach Eingang der Bestätigungsnachricht AC oder nach Eingang der Aktivierungsnachricht AR (Verbindungsaktivierungswunsch der Data-Link-Sendeprotokollinstanz) wechselt die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz in den Zustand READY, in dem sie bereit ist, Daten zu empfangen (Übergangspfeil 85). Die entsprechende Data-Link-Sendeprotokollinstanz geht quasi gleichzeitig in den Zustand IDLE (siehe Übergangspfeil 73 von Fig. 7). Wenn die Bestätigungsnachricht AC nach Ablauf der Wartezeit T_A nicht eingetroffen ist (Ereignis TA_EXPIRED and $(RC < MNT)$), wird das Senden der Aktivierungsnachricht AR automatisch wiederholt (Übergangspfeil 74). Nach MNT unquitierten Übertragungen der Aktivierungsnachricht AR (Ereignis TA_EXPIRED and $(RC = MNT)$) geht die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz wieder in den Zustand INACTIVE und zeigt die erfolglose Verbindungsaktivierung dem Benutzer an (Übergangspfeil 75).

3) READY

Im Zustand READY wartet die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz auf den Eingang einer Datennachricht DT. Nach Empfang einer entsprechenden Nachricht mit der erwarteten Sequenznummer (Ereignis RECEIVE_DT ($SN = V(R)$)) wird der Empfang dem Benutzer angezeigt und eine Quittungsnachricht AK gesendet (Aktion SEND (AK)) (Übergangspfeil 86). Wenn die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz bei Eingang einer Datennachricht DT nicht empfangsbereit ist, so wird die Nachricht AK verworfen und dem Sender dies durch die Übertragung einer Quittungsnachricht AK mit unveränderter Sequenznummer (= Sequenznummer der erwarteten Datennachricht DT) und dem Empfangsstatus ("Empfänger nicht bereit") mitgeteilt (Übergangspfeil 87).

Wenn eine Datennachricht DT mit falscher Sequenznummer eintrifft (Ereignis RECEIVE_DT ($SN < > V(R)$)), wird eine Quittungsnachricht AK mit der erwarteten Sequenznummer und dem aktuellen Empfangsstatus gesendet (Übergangspfeil 88).

Wenn im Zustand READY eine Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AR), werden den Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte zugewiesen und eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion (AC)); die Verbindungsaktivierung wird dem Benutzer angezeigt (Aktion D_ACTIVATE_IND()) (Übergangspfeil 89).

1.3.4.4 Automatentabelle der Data-Link-Empfangsprotokollinstanz

Tabelle 4 zeigt die Automatentabelle der Data-Link-Empfangsprotokollinstanz. Die Spalte ÜGPN enthält die Übergangspfeilnummern für die Fig. 8.

Zustände	
(Beschreibung siehe 1.3.4.3)	
1) INACTIVE	
2) START_UP	
3) READY	
Ereignisse	
1) D_ACTIVATE_REQ	
Eingang eines Auftrags zur Verbindungsaktivierung.	
2) RECEIVE_AR	
Empfang einer Aufforderung zur Verbindungsaktivierung.	
3) RECEIVE_AC	
Empfang einer Bestätigung der Verbindungsaktivierung.	
4) TA_EXPIRED and $(RC < MNT)$	
Wartezeit für das Eintreffen einer Bestätigungsnachricht AC ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist nicht überschritten.	
5) TA_EXPIRED and $(RC = MNT)$	
Wartezeit für das Eintreffen einer Bestätigungsnachricht AC ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von	

Sendewiederholungen ist erlaubt.

6) RECEIVE_DT(SN = V(R)) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_READY

Eingang einer erwarteten Datennachricht DT. Die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz ist empfangsbereit.

7) RECEIVE_DT(SN = V(R)) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_NOT_READY

Eingang einer erwarteten Datennachricht DT. Die Data-Link-Empfangsprotokollinstanz ist nicht empfangsbereit.

8) RECEIVE_DT(SN < > V(R))

Eingang einer nicht erwarteten Datennachricht DT.

Aktionen/Funktionen

1) SEND(AR)

Senden einer Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung.

2) SEND(AC)

Senden einer Bestätigungsnachricht AC zur Bestätigung der Verbindungsaktivierung.

3) RESEND_AR

Wiederholung des Sendens einer Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung.

4) START_TA

Rücksetzen und Starten des Timers zur Überwachung der Wartezeit T_A.

5) CANCEL_TA

Rücksetzen des Timers zur Überwachung der Wartezeit T_A.

6) RC := 1

Setzen der Sendewiederholungsvariablen RC auf den Wert 1.

7) RC := RC + 1

Inkrementieren der Sendewiederholungsvariablen RC um den Wert 1.

8) V(R) := 1 - V(R)

Komplementieren der Empfangsfolgevariablen V(R).

9) V(C) := RECEIVE_READY

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert RECEIVE_READY.

10) V(C) := NOT_ACTIVATED

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert NOT_ACTIVATED.

11) V(C) := RECEIVE_STATUS()

Die Funktion RECEIVE_STATUS() stellt die Empfangsbereitschaft der Data-Link-Empfangsprotokollinstanz fest. Der Rückgabewert der Funktion (RECEIVE_READY bzw. RECEIVE_NOT_READY) wird der Verbindungsstatusvariablen V(C) zugewiesen.

12) RESET_VARIABLES()

Besetzen der Protokollvariablen mit den Voreinstellungswerten (siehe Tab. 2).

13) AK := AK(SN = V(R), RS = V(C))

Bildung einer Quittungsnachricht AK. Der Sequenznummernvariablen SN wird dabei der Wert der Empfangsfolgevariablen V(R) zugewiesen. Der Empfangsstatusvariablen RS wird der Wert der Verbindungsstatusvariablen V(C) zugewiesen.

14) D_ACTIVATE_CON(CONNECTION_STATUS = V(C))

Bestätigung des Verbindungsaktivierungsdienstes.

15) D_ACTIVATE_IND()

Anzeige einer Verbindungsaktivierung.

16) D_DATA_ACK_IND(DATA_LENGTH, DATA)

Anzeige des korrekten Empfangs einer Datennachricht. Als Parameter werden die Datenlänge DATA_LENGTH und die Daten DATA übergeben.

Tabelle 4

ÜGPN	Zustand	Ereignis	Aktion(en)	Folge- zustand	
71	INACTIVE	D_ACTIVATE_REQ	SEND(AR) START_TA RC:=1	START_UP	5
84	INACTIVE	RECEIVE_AR	SEND(AC) V(C):=RECEIVE_READY D_ACTIVATE_IND()	READY	10
85	START_UP	RECEIVE_AC or RECEIVE_AR	CANCEL TA V(C):=RECEIVE_READY D_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS:= V(C))	READY	15
74	TA_EXPIRED and (RC<MNT)	RESEND_AR START_TA RC:=RC+1	START_UP		20
75	START_UP	TA_EXPIRED and (RC=MNT)	RESET_VARIABLES() V(C):=NOT_ACTIVATED D_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS:= V(C))	INACTIVE	25
86	READY	RECEIVE_DT (SN=V(R))and RECEIVE_STATUS() =RECEIVE_READY	D_DATA_ACK_IND(DATA_ LENGTH,DATA) V(R):=1-V(R) V(C):=RECEIVE_STATUS() AK:=AK(SN:=V(R), RS:=V(C)) SEND(AK)	READY	30
87	READY	RECEIVE_DT (SN=V(R))and RECEIVE_STATUS() =RECEIVE_NOT_ READY	AK:=AK(SN:=V(R), RS:=RNR) SEND(AK)	READY	35
88	READY	RECEIVE_DT (SN<>V(R))	V(C):=RECEIVE_STATUS() AK:=AK(SN:=V(R), RS:=V(C)) SEND(AK)	READY	40
89	READY	RECEIVE_AR	RESET_VARIABLES() SEND(AC) D_ACTIVATE_IND()	READY	45
1.4 Beschreibung des Transport-Protokolls					50

Die Aufgabe des Transportprotokolls 19 ist die sichere Übertragung von Daten beliebiger Länge. Daten, deren Länge zuzüglich der Transport-Kontrollinformation die maximale Datenlänge einer einzelnen CAN-Botschaft überschreitet, werden in der Transportlayer 15 des Senders in Segmente zerlegt, separat übertragen und in der Transportlayer 15 des Empfängers wiedervereinigt. 55

Das Transport-Protokoll 19 des Ausführungsbeispiels arbeitet nach der Methode Send-and-Wait. Daten werden über virtuelle Transport-Verbindungen übertragen (siehe Abschnitt 1.2). Die beliebig lange Datenübertragungsphase beginnt nach erfolgreicher Verbindungsaktivierung (siehe Abschnitt 1.1). Nach dem Aussenden einer Datennachricht wartet die Transport-Sendeprotokollinstanz auf das Eintreffen der entsprechenden Quittungsnachricht. Die nächste Nachricht (Datensegment oder neue Daten) darf erst nach Eingang der korrekten Quittungsnachricht für die vorhergehende Nachricht gesendet werden. Wenn die Transport-Sendeprotokollinstanz die Übertragung einer Nachricht initiiert, wird ein Timer gestartet, der die maximale Wartezeit T_A bis zum Eintreffen der Quittungsnachricht mißt. Die Transport-Empfangsprotokollinstanz beantwortet jede korrekt empfangene Datennachricht mit dem Senden einer Quittungsnachricht, die zusätzliche Informationen über den Status der Transport-Empfangsprotokollinstanz enthält, die von der transport-Sendeprotokollinstanz zur Flußkontrolle benötigt wird. Wenn die Wartezeit T_A vor Eintreffen der Quittung abläuft, wiederholt die Transport-Sendeprotokollinstanz die Übertragung der letzten Nachricht. Nach wiederholter erfolgloser Übertragung 65

einer Nachricht wird die Transport-Verbindung deaktiviert. Das Ergebnis der Übertragung und die Deaktivierung einer Verbindung werden dem Benutzer angezeigt.

1.4.1 Dienste

(siehe Tab. 5)

1.4.1.1 Protokollinitialisierung

Die Dienstelemente für die Initialisierung des Transport-Protokolls sind T_INIT.req und T_INIT.con. Die Initialisierung wird mit T_INIT.req angefordert und mit T_INIT.con bestätigt. Die Wirkung der Initialisierung ist nur lokal: Die Variablen des Transport-Protokolls werden mit ihren Voreinstellungswerten belegt (siehe Tabelle 6).

1.4.1.2 Verbindungsaktivierung

Die Dienstelemente für die Aktivierung einer Transport-Verbindung sind T_ACTIVATE.req, T_ACTIVATE.ind und T_ACTIVATE.con. Die Wirkung von T_ACTIVATE.req ist, daß die den Verbindungsdienst erbringenden Transport-Protokollinstanzen in einen kommunikationsbereiten Zustand gesetzt werden, wobei die Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte einnehmen. Wenn Verbindungsbenutzer A den Dienstauftrag T_ACTIVATE.req, wird nach erfolgreicher Aktivierung dies dem Verbindungsbenutzer B in der entfernten Station mittels T_ACTIVATE.ind angezeigt. Das Dienstelement T_ACTIVATE.con bestätigt den Dienstauftrag.

1.4.1.3 Datenübertragung

Die Dienstelemente für die Datenübertragung sind T_DATA.req, T_DATA.ind und T_DATA.con. Mit T_DATA.req wird die quittierte Übertragung von Daten (Parameter: DATA) der Länge DATA_LENGTH angefordert. Nach korrekter Übertragung wird der Empfang der Daten dem Kommunikationspartner mittels des Dienstelements T_DATA.ind angezeigt. Das Ergebnis der Übertragung wird dem Auftraggeber durch das Dienstelement T_DATA.con mitgeteilt.

1.4.1.4 Verbindungsdeaktivierung

Eine Verbindung wird nach wiederholter, erfolgloser Übertragung vom Dienstbringer deaktiviert. Die Deaktivierung wird dem Dienstbenutzer durch das Dienstelement T_DEACTIVATED.ind angezeigt.

Tabelle 5

Phase	Dienstelemente	Parameter
Protokoll- initialisierung	T_INIT.req T_INIT.con	() (INIT_STATUS)
Verbindungs- aktivierung	T_ACTIVATE.req T_ACTIVATE.ind T_ACTIVATE.con	() () (CONNECTION_STATUS)
Daten- übertragung	T_DATA.req T_DATA.ind T_DATA.con	(DATA_LENGTH, DATA) (DATA_LENGTH, DATA) (TRANSFER_STATUS)
Verbindungs- deaktivierung	T_DEACTIVATED.ind	()

1.4.2 Transport-Nachrichten

Für die Transport-Nachrichten, die zwischen Transport-Protokollinstanzen ausgetauscht werden, gilt das gleiche wie für die Data-Link-Nachrichten. Auch sie werden mit Hilfe von CAN-Botschaften übertragen. Die einzelnen Teilfelder des Datenfeldes der CAN-Botschaften sind jedoch für Transport-Nachrichten zum Teil unterschiedlich belegt. Dies wird in der nachfolgenden Beschreibung der Fig. 9 und 10 erläutert. Das Transport-Protokoll unterscheidet ebenfalls vier Nachrichtentypen AR, AC, DT und AK:

AR (ACTIVATION REQUEST):

Aktivierungsnachricht zur Aktivierung einer Transport-Verbindung

AG (ACTIVATION CONFIRM):

Bestätigungsnachricht zur Bestätigung der Aktivierung einer Transport-Verbindung

DT (DATA)

Datennachricht zur Übertragung von Daten über eine Transport-Verbindung

AK (DATA-ACKNOWLEDGEMENT):

Quittierungsnachricht zur Bestätigung des Empfangs einer Transport-Nachricht über eine Transport-Verbindung.

Fig. 9 zeigt die Datenfelder 94 der Botschaften, die die einzelnen Nachrichten des Transport-Protokolles übertragen. Das Datenfeld 94 enthält bei den Nachrichten AR, AC, DT und AK ein Kontrollinformationsfeld 95 und bei der Datennachricht DT zusätzlich die Felder 96, 97 und 98 zur Aufnahme der einzelnen Datenbytes, die mit dieser Nachricht DT übertragen werden. Es können hierbei maximal 7 Datenbytes sich an das Kontrollinformationsfeld 95 anschließen. Der Nachrichtentyp wird wieder anhand einer mitgegebenen Kontrollinformation (TPCI), die im Kontrollinformationsfeld der die Nachricht übertragenden Botschaft enthalten ist, identifiziert. Die Kontrollinformation umfaßt hier höchstens ein Byte und ist im Datenfeld 95 einer CAN-Botschaft lokalisiert.

Fig. 10 zeigt die Einteilung der Kontrollinformationsfelder 95 für die Botschaften zur Übertragung der verschiedenen Nachrichtentypen. Für die Unterscheidung der 4 Nachrichtentypen ist innerhalb des Kontrollinformationsfeldes 95 ein Feld 101 zur Aufnahme eines Nachrichtencodes vorgesehen. Die Kontrollinformationsfelder 95 der Botschaften zur Übertragung der Nachrichtentypen DT und AK enthalten darüber hinaus ein Feld 102 zur Aufnahme der Sequenznummer SN. Die Sequenznummer dient hier ebenfalls zur Unterscheidung aufeinanderfolgender DT Nachrichten für die Zuordnung von Quittungsnachrichten zu Datennachrichten DT und für die Erkennung von Nachrichtenduplikaten. Das Feld 102 zur Aufnahme der Sequenznummer SN umfaßt hier ebenfalls mindestens ein Bit. Zusätzlich umfaßt das Kontrollinformationsfeld 95 einer Botschaft, die eine Datennachricht überträgt, ein Feld 103 zur Aufnahme eines Nachrichtenendecodes EOM. Das Feld 103 umfaßt mindestens ein Bit. Die Information, die in diesem Feld übertragen wird, gibt an, ob weitere Datensegmente folgen (EOM = 0) oder nicht (EOM = 1). Weiterhin umfaßt das Kontrollinformationsfeld 95 einer Botschaft, die eine Datennachricht DT überträgt, ein Feld 104 zur Aufnahme einer Information NB, die angibt, wieviele Daten mit dieser Botschaft übertragen werden.

Das Feld 104 umfaßt mindestens 3 Bit. In dem Feld 105 einer Botschaft, die eine Quittungsnachricht AK überträgt, wird ebenfalls eine Information über den Status des Empfängers abgelegt. Das Empfängerstatusfeld 105 umfaßt mindestens 1 Bit zur Kennzeichnung, ob der Empfänger empfangsbereit ist oder nicht, wie in Fig. 6.

Fig. 11 zeigt die Abwicklung einer Datenübertragung zwischen zwei Stationen, mit Hilfe des Transport-Protokolls. Dabei werden 15 Datenbytes übertragen. Die 15 Datenbytes sind in dem Feld 130 dargestellt. Speziell dargestellt sind die Datenbytefelder 131, 132, 133 und 134 für die Datenbytes 1, 2, 3 und 15. Zur Verdeutlichung der Abwicklung der Datenübertragung sind einige unterschiedliche Funktionsschichten innerhalb der Station dargestellt. Die Schicht 140 ist die Anwendungsschicht innerhalb der ersten Station, in der die Anwendungsprogramme abgearbeitet werden. Die Schicht 143 ist die Transportschicht der ersten Station, in der das Transportprotokoll 19 Aufträge von der Anwendungsschicht entgegennimmt und abwickelt. Die Schicht 144 ist die Transportschicht der zweiten Station. Zwischen den beiden Transportschichten 141 und 144 ist die virtuelle Transport-Verbindung mit Hilfe der gestrichelten Linien 146 und 147 dargestellt. Das Transport-Protokoll 19 in der Schicht 141 macht zur Abwicklung einer Transportnachrichtenübertragung seitens der zugehörigen Station von dem in der Schicht 142 befindlichen CAN-Protokoll 17 Gebrauch. Die Schicht 145 enthält das CAN-Protokoll 17 der zweiten Station. Das CAN-Protokoll 17 macht seinerseits zur Datenübertragung von der CAN-Bus-Verbindung 148 zwischen den Stationen Gebrauch. Die Datenübertragung der 15 Datenbytes in dem Feld 130 geschieht mit Hilfe des Transport-Protokolls 19 in 3 Schritten. Im ersten Schritt werden die Datenbytes 1–7 übertragen. Dazu bildet die Transport-Protokollinstanz die Datennachricht DT1. Diese wird dann von der CAN-Protokollinstanz mit Hilfe einer CAN-Botschaft übertragen. Der Aufbau des Datenfeldes 139 der Botschaft zur Übertragung der Datennachricht DT1 ist in Fig. 11 dargestellt. In dem Kontrollinformationsfeld 135 der Botschaft ist der Nachrichtencode DT, die Sequenznummer 0, der Nachrichtenendecode 0 und 7 für die Anzahl der Datenbytes eingetragen. Die weiteren Datenbytefelder der Botschaft sind mit den ersten sieben Bytes der zu übertragenden 15 Datenbytes belegt. Beispielhaft sind die Datenbytefelder 136, 137 und 138 dargestellt.

Nach dem Empfang der Datennachricht DT1 sendet die empfangende Station die Quittungsnachricht AK1 an die sendende Station zurück. Das Datenfeld 139 der Botschaft, die die Quittungsnachricht AK1 überträgt, besteht nur aus dem Kontrollinformationsfeld 135. In diesem Feld sind der Nachrichtencode AK, die Sequenznummer 1 und die Empfängerstatusinformation RR (entspricht korrekter Empfang einer Datennachricht) eingetragen.

Im zweiten Schritt werden die Datenbytes 8–14 übertragen. Dies geschieht mit Hilfe der Datennachricht DT2. Das Datenfeld 139 der Botschaft, die die Datennachricht DT2 überträgt, ist wie im ersten Schritt eingeteilt. Die Datenbytefelder 136, 137 und 138 enthalten die Datenbytes 8, 9 und 14. In dem Kontrollinformationsfeld 135 sind der Nachrichtencode DT, die Sequenznummer 1, der Nachrichtenendecode 0 und 7 für die Anzahl der Datenbytes eingetragen. Die empfangende Station bestätigt durch den Empfang der Datennachricht DT2 mit Hilfe der Quittungsnachricht AK2. Das Kontrollinformationsfeld 135 der Botschaft, die die Quittungsnachricht AK2 überträgt, ist genau wie im Schritt 1 belegt, mit dem Unterschied, daß für die Sequenznummer eine 0 in das Kontrollinformationsfeld 135 eingetragen ist.

Im ersten Schritt wird das letzte Datenbyte 15 übertragen. Dies geschieht mit Hilfe der Datennachricht DT3. Das Datenfeld 139 der Botschaft, die die Datennachricht DT3 überträgt, ist unterschiedlich zu den Datenfeldern in den Schritten 1 und 2 eingeteilt. Das Datenbytefeld 136 enthält das 15. Datenbyte und die weiteren Datenbytefelder, die beispielhaft als 137 und 138 dargestellt sind, enthalten keine relevante Information. In dem Kontrollinformationsfeld 135 sind der Nachrichtencode DT, die Sequenznummer 0, der Nachrichtencode 1 und 1 für die Anzahl der Datenbytes eingetragen. Die empfangende Station bestätigt den Empfang der Datennachricht DT3 mit Hilfe der Quittungsnachricht AK3. Das Kontrollinformationsfeld 135 der Botschaft, die die Quittungsnach-

richt AK3 überträgt, ist genau im Schritt 1 belegt. Als Resultat sind alle 15 Datenbytes zur zweiten Station übertragen worden und die Anwendungsschicht 143 der zweiten Station kann diese weiterverarbeiten.

1.4.3. Variablen und Parameter

Das Protokoll verwendet folgende Variablen und Parameter (siehe Tab. 6):

1) Sendefolgevariable V(S)

Variable zur fortlaufenden Nummerierung von Datennachrichten DT. V(S) kann die Werte 0 und 1 annehmen. Nach Empfang einer korrekten Quittungsnachricht AK wird der Wert von V(S) komplementiert.

2) Empfangsfolgevariable V(R)

Variable zur Speicherung der Sequenznummer der nächsten zum Empfang erwarteten Datennachricht DT. V(R) kann die Werte 0 und 1 annehmen. Nach korrektem Empfang der erwarteten Datennachricht DT wird der Wert von V(R) komplementiert.

3) Verbindungsstatusvariable V(C)

Variable zur Speicherung des Status einer Verbindung. Die Variable kann die Werte NOT_ACTIVATED, DEACTIVATED, RECEIVE_READY und RECEIVE_NOT_READY annehmen.

4) Sendewiederholungsvariable RC

Variable zur Speicherung der aktuellen Anzahl der Sendewiederholungen zum Nachrichtentypen AR und DT.

5) Segmentanzahl NSEG

Anzahl der Datensegmente, die für die Übertragung von Daten gebildet werden müssen.

6. Datenlänge DL

Variable der Transport-Empfangsprotokollinstanz zur Berechnung der Datenlänge der empfangenen Nachricht.

7) TPDU-Variabele EOM

Variable zur Kennzeichnung, ob weitere Datensegmente folgen (EOM = 0) oder nicht (EOM = 1).

8) TPDU-Variable NB

Anzahl der relevanten Bytes im Datenfeld. Für die Datensegmente 1 bis NSEG-1 hat NB den Wert 7.

9) TPDU-Variable SN

Sequenznummervariable der Nachrichtentypen AR und DT.

10) TPDU-Variable RS Variable der Quittungsnachricht AK zur Kennzeichnung des Status der Transport-Empfangsprotokollinstanz. Es kann die Werte RR (Receive Ready) und RNR (Receive Not Ready) annehmen.

11) Protokollparameter MNT

MNT ist die maximale Anzahl von automatischen Sendewiederholungen für eine Datennachricht DT bzw. für eine Verbindungsaktivierungsnachricht AR.

12) Protokollparameter NSEG_MAX

Maximale Anzahl von Datensegmenten.

13) Protokollparameter T_A

T_A ist die Zeiteinheit, in der eine Quittungsnachricht AK bzw. eine Bestätigungsnachricht AC erwartet wird.

Tabelle 6

Name	Bedeutung	Wert Bereich	Voreinstellung
Protokollvariablen			
V(S)	Sendefolgezähler	[0,1]	0
V(R)	Empfangsfolgezähler	[0,1]	0
V(C)	Verbindungsstatus	[NOT_ACTIVATED, DEACTIVATED, RECEIVE_READY, RECEIVE_NO_READY]	NOT_ACTIVATED
RC	Sendewiederholungszähler	[0,MNT]	0
NSEG	Anzahl der Datensegmente	[0,NSEG_MAX]	0
DL	Datenlänge in Bytes	[0,NSEG_MAX*z]	0
TPDU-Variablen			
EOM	Nachrichtenende	[0,1]	—
NB	Anzahl von Datenbytes im letzten Segment	[0,7]	7
SN	Sequenznummer	[0,1]	0
RS	Empfangsstatus	[RR,RNR]	—
Protokollparameter			
MNT	Maximale Anzahl von Sendewiederholungen		
NSEG_MAX	Maximale Anzahl von Datensegmenten		
T _A	Wartefrist		

1.4.4.1 Zustandsgraph der Transport-Sendeprotokollinstanz

Fig. 12 zeigt den Zustandsgraphen der Transport-Empfangsprotokollinstanz. Auch für die Fig. 12 gilt der gleiche formale Aufbau wie in den Fig. 7 und 8. Die Transport-Empfangsprotokollinstanz hat folgende Zustände:

1) INACTIVE

Der Zustand INACTIVE wird nach der Initialisierung des Protokolls eingenommen. In diesem Zustand wartet die Transport-Protokollinstanz auf den Auftrag zur Aktivierung der Verbindung (Ereignis $T_ACTIVATE_REQ$) bzw. auf den Eingang einer Aktivierungsnachricht AR der Partnerprotokollinstanz. Wenn das Ereignis $T_ACTIVATE_REQ$ auftritt, wird die Aktivierungsnachricht AR an die Transport-Empfangsprotokollinstanz gesendet (Aktion $SEND(AR)$) und der Folgezustand $START_UP$ eingenommen (Übergangspfeil 111).

Wenn im Zustand INACTIVE (vor Eingang des Verbindungsaktivierungsauftrags) die Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis $RECEIVE_AR$), wird eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion $SEND(AC)$) und der Folgezustand IDLE eingenommen, in dem die Transport-Sendeprotokollinstanz Aufträge zur quitierten Übertragung von Daten entgegennimmt (Übergangspfeil 112).

2) START UP

Im Zustand $START_UP$ wartet der Transport-Sendeprotokollinstanz auf die Bestätigungsnachricht AC (Bestätigung der Verbindungsaktivierung) der angesprochenen Transport-Empfangsprotokollinstanz.

Nach Eingang der Bestätigungsnachricht AC oder nach Eingang der Aktivierungsnachricht AR (Verbindungsaktivierungswunsch der Transport-Empfangsprotokollinstanz) wechselt die Transport-Sendeprotokollinstanz in den Zustand IDLE, in dem sie Aufträge zur Übertragung von Daten entgegennimmt (Übergangspfeil 113). Die angesprochene Transport-Empfangsprotokollinstanz geht quasi gleichzeitig in den Zustand READY (siehe Übergangspfeil 123 von Fig. 12). Wenn die Bestätigungsnachricht AC nach Ablauf der Wartezeit T_A nicht eingetroffen ist (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC < MNT)$), wird das Senden der Aktivierungsnachricht AR automatisch wiederholt (Übergangspfeil 74). Nach MNT unquitierten Übertragungen der Aktivierungsnachricht AR (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC = MNT)$) geht die Transport-Sendeprotokollinstanz wieder in den Zustand INACTIVE und zeigt die erfolglose Verbindungsaktivierung dem Benutzer an (Übergangspfeil 114).

3) IDLE

Im Zustand IDLE wartet die Transport-Sendeprotokollinstanz auf einen Auftrag zur Übertragung von Daten. Nach Auftreten des entsprechenden Ereignisses T_DATA_REQ wird die Anzahl NSEG der Daten-segmente berechnet und die Datennachricht DT mit der Kontrollinformation und dem ersten Daten-segment gebildet, gesendet (Aktion $SEND(DTT)$) und der Folgezustand $WAIT_AK$ eingenommen (Übergangspfeil 115). Wenn im Zustand IDLE eine Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis $RECEIVE_AR$), werden den Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte zugewiesen, eine Bestätigungsnachricht AC (Aktion $SEND(AC)$) gesendet und die Aktivierung dem Benutzer mitgeteilt (Aktion $T_ACTIVATE_IND()$) (Übergangspfeil 116).

4) WAIT AK

Im Zustand $WAIT_AK$ wartet die Transport-Sendeprotokollinstanz auf das Eintreffen der Quittungsnachricht AK, die den korrekten Empfang der vorhergehenden Datennachricht DT bestätigen soll. Wenn die erwartete Quittung eintrifft (Ereignis $RECEIVE_AK(SN > V(S))$), wird NSEG dekrementiert und im Fall von $NSEG \geq 1$ die Nachricht mit dem nächsten Daten-segment gebildet und gesendet (Übergangspfeil 117). Wenn $NSEG = 0$ ist, wird nach Eingang der Quittung die korrekte Übertragung dem Benutzer mitgeteilt und der Folgezustand IDLE eingenommen (Übergangspfeil 119). Wenn nach Ablauf der Wartezeit T_A die Quittungsnachricht AK nicht eingetroffen ist (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC < MNT)$), wird das Senden der Datennachricht DT automatisch wiederholt (Übergangspfeil 82). Nach MNT unquitierten Übertragungen der Datennachricht DT (Ereignis $TA_EXPIRED$ and $(RC = MNT)$) wird die Verbindung deaktiviert; die Transport-Sendeprotokollinstanz geht wieder in den Zustand INACTIVE und zeigt die erfolglose Übertragung und die Deaktivierung der Verbindung dem Benutzer an (Übergangspfeil 83). Quittungen mit falscher Sequenznummer (Ereignis $RECEIVE_AK(SN = V(S))$) werden im Zustand $WAIT_AK$ ignoriert (Übergangspfeil 79), 80). Wenn eine Quittungsnachricht AK eintrifft, die anzeigt, daß die Empfangsinstanz nicht empfangsbereit ist (Ereignis $RECEIVE_AK(SN = VC/S, RS = RNR)$), wird die Sendewiederholung der vorhergehenden Datennachricht DT verzögert (Übergangspfeil 80). Wenn im Zustand $WAIT_AK$ eine Datennachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft ($RECEIVE_AR$), werden den Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte zugewiesen, eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion $SEND(AC)$) und der Folgezustand IDLE eingenommen (Übergangspfeil 120). Die laufende Datenübertragung wird dabei abgebrochen; die erfolglose Datenübertragung und Verbindungsaktivierung werden dem Benutzer angezeigt.

1.4.4.2. Automatentabelle der Transport-Sendeprotokollinstanz

Tabelle 7 zeigt die Automatentabelle der Transport-Sendeprotokollinstanz. Die Spalte ÜGPN enthält die Übergangspfeilnummern der Fig. 12.

Zustände

(Beschreibung siehe 1.4.4.1)

- 1) INACTIVE
- 2) START_UP
- 3) IDLE
- 4) WAIT_AK

Ereignisse

- 1) T_ACTIVATE_REQ
Eingang eines Auftrags zur Verbindungsaktivierung.
- 2) RECEIVE_AR
Empfang einer Aufforderung zur Verbindungsaktivierung.
- 3) RECEIVE_AC
Empfang einer Bestätigung einer Verbindungsaktivierung.
- 4) TA_EXPIRED and (RC < MNT)
Wartefrist für das Eintreffen einer Bestätigung AC oder Quittung AK ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist nicht überschritten.
- 5) TA_EXPIRED and (RC = MNT)
Wartefrist für das Eintreffen einer Bestätigung AC oder Quittung AK ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist erreicht.
- 6) T_DATA_REQ (DATA_LENGTH, DATA)
Eingang eines Auftrags zur Übertragung der Daten DATA der Länge DATA_LENGTH.
- 7) RECEIVE_AK (SN < V(S)) and (NSEG > 1)
Empfang einer Quittung, die den korrekten Empfang der vorhergehenden Datennachricht DT bestätigt, wobei noch weitere (mindestens 2) Datensegmente zu übertragen sind.
- 8) RECEIVE_AK (SN < V(S)) and (NSEG = 1)
Empfang einer Quittung, die den korrekten Empfang der vorhergehenden Datennachricht DT bestätigt, wobei noch ein weiteres Datensegment zu übertragen ist.
- 9) RECEIVE_AK (SN < V(S)) and (NSEG = 0)
Empfang einer Quittung, die den korrekten Empfang der vorhergehenden Datennachricht DT mit dem letzten Datensegment bestätigt. Die Übertragung der Daten ist somit abgeschlossen.
- 10) RECEIVE_AK (SN = V(S)), RS = RR
Empfang einer Quittung, deren Sequenznummer SN identisch ist mit der Sequenznummer der vorhergehenden Nachricht DT. Dieses Ereignis kann auftreten, wenn durch vorzeitigen Fristablauf eine Datennachricht DT erneut gesendet wird und der Empfänger diese Nachricht als Duplikat erkennt. Die Statusinformation RS zeigt an, daß der Empfänger empfangsbereit ist.
- 11) RECEIVE_AK (SN = V(S)), RS = RNR
Empfang einer Quittung, deren Sequenznummer SN identisch ist mit der Sequenznummer der vorhergehenden Nachricht DT. Dieses Ereignis kann auftreten, wenn die Transport-Empfangsprotokollinstanz eine Datennachricht DT nicht entgegennehmen kann. Die Statusinformation RS zeigt an, daß der Empfänger nicht empfangsbereit ist.

Aktionen/Funktionen

- 1) SEND (AR)
Senden einer Nachricht AR zur Verbindungsaktivierung.
- 2) SEND (DT)
Senden einer Nachricht DT.
- 3) SEND (AC)
Senden einer Nachricht AC zur Bestätigung der Verbindungsaktivierung.
- 4) RESEND_AR
Wiederholung des Sendens einer Nachricht AR zur Verbindungsaktivierung.
- 5) RESEND_LAST_DT
Wiederholung des Sendens der letzten Datennachricht DT.
- 6) START_TA
Rücksetzen und Starten des Timers zur Überwachung der Wartefrist T_A.
- 7) CANCEL_TA
Rücksetzen des Timers zur Überwachung der Wartefrist T_A.
- 8) IF (DATA_LENGTH MOD 7) THEN NSEG := DATA_LENGTH/7
Berechnung der Segmentanzahl NSEG im Falle, daß die Datenlänge DATA_LENGTH ohne Rest durch 7 teilbar ist.
- 9) NSEG := INT(DATA_LENGTH/7) + 1
Berechnung der Segmentanzahl NSEG im Falle, daß die Datenlänge DATA_LENGTH nicht ohne Rest durch 7 teilbar ist. Die Funktion INT(X) rundet die reelle Zahl X und gibt einen ganzzahligen Wert zurück.
- 10) IF (NSEG > 1) THEN (EOM := 0, NB := 7) ELSE (EOM := 1, NB := DATA_LENGTH)

In Abhängigkeit von NSEG werden die Kontrollvariablen EOM und NB gesetzt.

11) $\text{NSEG} := \text{NSEG} - 1$

Dekrementierung der Segmentanzahl nach erfolgreicher Segmentübertragung.

12) IF (RS(AK) = RR) (SEND (DT))

Die Nachricht DT mit dem nächsten Datensegment wird gesendet, wenn die Transport-Empfangsprotokoll-
instanz in der letzten Quittungsnachricht ihre Empfangsbereitschaft angezeigt hat. Andernfalls wird die
Nachricht DT erst nach Verstreichen der Wartezeit T_A gesendet. 5

13) $\text{RC} := 1$

Setzen der Sendewiederholungsvariablen RC auf den Wert 1.

14) $\text{RC} := \text{RC} + 1$

Inkrementieren der Sendewiederholungsvariablen RC um den Wert 1. 10

15) $\text{V(S)} := 1 - \text{V(S)}$

Komplementieren der Sendefolgevariablen V(S)

16) $\text{V(C)} := \text{RECEIVE_READY}$

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert RECEIVE_READY. 15

17) $\text{V(C)} := \text{DEACTIVATED}$

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert DEACTIVATED.

18) $\text{V(C)} := \text{NOT_ACTIVATED}$

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert NOT_ACTIVATED.

19) RESET VARIABLES()

Besetzen der Protokollvariablen mit den Voreinstellungswerten (siehe Tabelle 6). 20

20) $\text{DT} := \text{DT}(\text{SN} = \text{V(S)}, \text{EOM} = \dots, \text{NB} = \dots)$

Bildung einer Datennachricht DT. Der Sequenznummervariablen SN wird dabei der Wert der Sendefolgen-
variablen V(S) zugewiesen. Die Wert von EOM und NB werden in Abhängigkeit der Anzahl der noch zu
übertragenden Datensegmente gesetzt. 25

21) D_ACTIVATE_CON(CONNECTION_STATUS := V(C))

Bestätigung des Verbindungsaktivierungsdienstes.

22) D_ACTIVATE_IND()

Anzeige einer Verbindungsaktivierung.

23) D_DATA_ACK_CON(TRANSFER_STATUS := SUCCESS)

Positive Bestätigung des Datenübertragungsdienstes. 30

24) D_DATA_ACK_CON(TRANSFER_STATUS := NO_SUCCESS)

Negative Bestätigung des Datenübertragungsdienstes.

25) D_DEACTIVATED_IND

Anzeige einer automatischen Verbindungsdeaktivierung. 35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 7

ÜGPN	Zustand	Ereignis	Aktion(en)	Folge- zustand	
5					
111	INACTIVE	T_ACTIVATE_REQ	SEND(AR) START TA RC := 1	START_UP	
10	112	INACTIVE	RECEIVE_AR	SEND(AC) V(C) := RECEIVE_READY T_ACTIVATE_IND()	IDLE
15	113	START_UP RECEIVE_AC or RECEIVE_AR	CANCEL TA V(C) := RECEIVE_READY T_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS := V(C))	IDLE	
20	74	START_UP TA_EXPIRED and (RC < MNT)	RESEND_AR START TA RC := RC + 1	START_UP	
25	114	START_UP TA_EXPIRED and (RC = MNT)	RESET_VARIABLES() V(C) := NOT_ACTIVATED T_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS := V(C))	INACTIVE	
30	115	IDLE T_DATA_REQ (DATA_LENGTH, DATA)	IF (DATA_LENGTH MOD 7) = 0) THEN NSEG := DATA_ LENGTH/7) ELSE NSEG := INT(DATA_LENGTH/7) + 1 IF NSEG > 1 THEN {EOM := 0, NB := 7} ELSE {EOM := 1, NB := DATA_LENGTH} DT := DT(SN := V(S), EOM, NB) SEND(DT), START TA RC := 1	WAIT_AK- Fig. tz5	
35					
40	116	IDLE	RECEIVE_AR	RESET_VARIABLES() SEND(AC) T_ACTIVATE_IND()	IDLE
45	117	WAIT_AK RECEIVE_AK (SN < V(S)) and (NSEG > 1)	CANCEL TA V(S) := 1 - V(S) NSEG := NSEG - 1 DT := DT(SN := V(S), EOM := 0, NB := 7) IF (RS(AK) = RR) {SEND(DT)} START_TA, RC := 1	WAIT_AK	
50					
55	118	WAIT_AK RECEIVE_AK (SN < V(S)) and (NSEG = 1)	CANCEL TA V(S) := 1 - V(S) NSEG := NSEG - 1 DT := DT(SN := V(S), EOM := 1, NB := DATA_LENGTH MOD 7) IF (RS(AK) = RR) {SEND(DT)} START TA, RC := 1	WAIT_AK	
60					

5

ÜGPN	Zustand	Ereignis	Aktion(en)	Folgezustand	
119	WAIT_AK	RECEIVE_AK ($SN < V(\bar{S})$) and (NSEG = 0)	CANCEL_TA $V(S) := 1 - V(S)$ T_DATA_CON(TRANSFER_ STATUS := SUCCESS) RC := 0	IDLE	15
79	WAIT_AK	RECEIVE_AK ($SN = V(\bar{S})$, RS = RR)	(NO ACTION)	WAIT_AK	20
80	WAIT_AK	RECEIVE_AK ($SN = V(\bar{S})$, RS = RNR)	START_TA	WAIT_AK	
120	WAIT_AK	RECEIVE_AR	RESET_VARIABLES() SEND(AC) T_DATA_CON(TRANSFER_ STATUS := NO_SUCCESS) T_ACTIVATE_IND()	IDLE	25
82	WAIT_AK	(TA_EXPIRED) and (RC < MNT)	RESEND_LAST_DT START RC := RC + 1	WAIT_AK	30
83	WAIT_AK	(TA_EXPIRED) and (RC = MNT)	RESET_VARIABLES() $V(C) := DEACTIVATED$ T_DATA_CON(TRANSFER_ STATUS := NO_SUCCESS) T_DEACTIVATED_IND	INACTIVE	35

1.4.4.3 Zustandsgraph der Transport-Empfangsprotokollinstanz

40

Fig. 13 zeigt den Zustandsparagrafen der Transport-Empfangsprotokollinstanz. Auch hier gilt der gleiche formale Aufbau wie in den Fig. 7, 8 und 12. Die Transport-Empfangsprotokollinstanz hat folgende Zustände:

1) INACTIVE

Im Zustand INACTIVE befindet sich die Transport-Empfangsprotokollinstanz nach der Initialisierung. In diesem Zustand wartet die Protokollinstanz auf den Antrag zur Aktivierung der Verbindung (Ereignis T_ACTIVATE_REQ) bzw. auf den Eingang einer Verbindungsaktivierungsnachricht AR der Partnerprotokollinstanz. Wenn das Ereignis T_ACTIVATE_REQ auftritt, wird die Aktivierungsnachricht AR an die Transport-Sendeprotokollinstanz gesendet (Aktion SEND(AR)) und der Folgezustand START_UP eingenommen (Übergangspfeil 121). Wenn im Zustand INACTIVE (vor Eingang des Verbindungsaktivierungsauftrags) die Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AR), wird eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion SEND(AC)) und der Folgezustand READY eingenommen, in dem die Transport-Empfangsprotokollinstanz bereit ist, Daten zu empfangen (Übergangspfeil 122).

2) START_UP

Im Zustand START_UP wartet die Transport-Empfangsprotokollinstanz auf die Bestätigungsnachricht AC (Bestätigung der Verbindungsaktivierung) der angesprochenen Sendeprotokollinstanz. Nach Eingang der Bestätigungsnachricht AC oder nach Eingang der Aktivierungsnachricht AR (Verbindungsaktivierungswunsch der Transport-Sendeprotokollinstanz) wechselt die Transport-Empfangsprotokollinstanz in den Zustand READY, in dem sie bereit ist, Daten zu empfangen (Übergangspfeil 123). Die entsprechende Transport-Sendeprotokollinstanz geht quasi gleichzeitig in den Zustand IDLE (siehe Übergangspfeil 113, Fig. 12). Wenn die Bestätigungsnachricht AC nach Ablauf der Wartezeit T_A nicht eingetroffen ist (Ereignis TA_EXPIRED and (RC < MNT)), wird das Senden der Aktivierungsnachricht AR automatisch wiederholt (Übergangspfeil 74). Nach MNT unquittierten Übertragung der Aktivierungsnachricht AR (Ereignis TA_EXPIRED and (RC = MNT)), geht die Transport-Empfangsprotokollinstanz wieder in den Zustand INACTIVE und zeigt die erfolglose Verbindungsaktivierung dem Benutzer an (Übergangspfeil 124).

3) READY

Im Zustand READY wartet die Transport-Empfangsprotokollinstanz auf den Eingang einer Datennachricht DT. Nach Empfang einer entsprechenden Nachricht mit der erwarteten Sequenznummer (Ereignis

RECEIVE_DT(SN = V(R)) und die Nachricht abgespeichert und eine Quittungsnachricht AK gesendet (Aktion SEND(AR)). Falls die Nachricht des letzten Datensegment beinhaltet (EOM = 1) wird dem Benutzer die Ankunft der Daten angezeigt (Aktion T_DATA_END()) (Übergangspfeil 126). Wenn die Transport-Empfangsprotokollinstanz bei Eingang einer Datennachricht DT nicht empfangsbereit ist, so wird die Nachricht verworfen und dem Sender dies durch die Übertragung einer Quittungsnachricht mit unveränderter Sequenznummer (= Sequenznummer der erwarteten Datennachricht) und dem Empfangsstatus "Empfänger nicht bereit" mitgeteilt (Übergangspfeil 87).

Wenn eine Datennachricht DT mit falscher Sequenznummer eintrifft (Ereignis RECEIVE_DT(SN < > V(R))), wird eine Quittungsnachricht AK mit der erwarteten Sequenznummer und dem aktuellen Empfangsstatus gesendet (Übergangspfeil 88).

Wenn im Zustand READY eine Aktivierungsnachricht AR zur Verbindungsaktivierung eintrifft (Ereignis RECEIVE_AR), werden den Protokollvariablen ihre Voreinstellungswerte zugewiesen, eine Bestätigungsnachricht AC gesendet (Aktion SEND(AC)) und die Aktivierung dem Benutzer mitgeteilt (Übergangspfeil 127).

1.4.4.4. Automatentabelle der Transport-Empfangsprotokollinstanz

Tabelle 8 zeigt die Automatentabelle der Transport-Empfangsprotokollinstanz. Die Spalte ÜGPN erhält die Übergangspfeilnummern der Fig. 13.

Zustände

(Beschreibung siehe 1.4.4.3)

- 1) INACTIVE
- 2) START UP
- 3) READY

Ereignisse

- 1) T_ACTIVATE_REQ
Eingang eines Auftrags zur Verbindungsaktivierung.
- 2) RECEIVE_AR
Empfang einer Aufforderung zur Verbindungsaktivierung.
- 3) RECEIVE_AC
Empfang einer Bestätigung einer Verbindungsaktivierung.
- 4) TA_EXPIRED and (RC < MNT)
Wartefrist für das Eintreffen einer Bestätigungsnachricht AC ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist nicht überschritten.
- 5) TA_EXPIRED and (RC = MNT)
Wartefrist für das Eintreffen einer Bestätigungsnachricht AC ist abgelaufen. Die maximale Anzahl von Sendewiederholungen ist erreicht.
- 6) RECEIVE_DT(SN = V(R), EOM = 0) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_READY
Eingang einer erwarteten Datennachricht DT. Der Nachricht DT folgen eine oder mehrere Nachrichten mit weiteren, zusammengehörenden Datensegmenten. Die Transport-Empfangsprotokollinstanz ist empfangsbereit.
- 7) RECEIVE_DT(SN = UV(R), EOM = 1) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_READY
Eingang einer erwarteten Datennachricht DT. Die Datennachricht DT enthält das letzte Segment der Daten. Die Transport-Empfangsprotokollinstanz ist empfangsbereit.
- 8) RECEIVE_DT(SN = V(R)) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_NOT_READY
Eingang einer erwarteten Datennachricht DT. Die Transport-Empfangsprotokollinstanz ist nicht empfangsbereit.
- 9) RECEIVE_DT(SN < > V(R))
Eingang einer nicht erwarteten Datennachricht DT.

Aktionen/Funktionen

- 1) SEND(AR)
Senden einer Nachricht AR zur Verbindungsaktivierung.
- 2) SEND(AR)
Senden einer Nachricht AC zur Bestätigung der Verbindungsaktivierung.
- 3) RESEND_AR
Wiederholung des Sendens einer Nachricht AR zur Verbindungsaktivierung.
- 4) START_TA
Rücksetzen und Starten des Timers zur Überwachung der Wartefrist T_A.
- 5) CANCEL_TA
Rücksetzen des Timers zur Überwachung der Wartefrist T_A.
- 6) DL := DL + 7

Inkrementieren der Datenlänge DL um 7.

7) $DL := DL + NB(DT)$

Inkrementieren der Datenlänge DL um den Wert NB der empfangenen Datennachricht DT.

8) STORE_DATA ()

Abspeichern des zuletzt empfangenen Datensegments.

9) $RC := 1$

Setzen der Sendewiederholungsvariablen RC auf den Wert 1.

10) $RC := RC + 1$

Inkrementieren der Sendewiederholungsvariablen RC um den Wert 1.

11) $V(R) := 1 - V(R)$

Komplementieren der Empfangsfolgevariablen V(R).

12) $V(C) := RECEIVE_READY$

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert RECEIVE_READY.

13) $V(C) := NOT_ACTIVATED$

Setzen der Verbindungsstatusvariablen V(C) auf den Wert NOT_ACTIVATED.

14) $V(C) := RECEIVE_STATUS()$

Die Funktion (RECEIVE_STATUS ()) stellt die Empfangsbereitschaft der Transport-Empfangsprotokollinstanz fest. Der Rückgabewert der Funktion RECEIVE_READY bzw. RECEIVE_NOT_READY) wird der Verbindungsstatusvariablen V(C) zugewiesen.

15) REST_VARIABLES ()

Besetzen der Protokollvariablen mit den Voreinstellungswerten (siehe Tabelle 6).

16) $AK := AK(SN = V(R), RS = V(C))$

Bildung einer Quittungsnachricht AK. Der Sequenznummernvariablen SN wird dabei der Wert der Empfangsfolgevariablen V(R) zugewiesen. Der Empfangsstatusvariablen RS wird der Wert der Verbindungsstatusvariablen V(C) zugewiesen.

17) $D_ACTIVATE_CON(CONNECTION_STATUS := V(C))$

Bestätigung des Verbindungsaktivierungsdienstes.

18) $D_ACTIVATE_IND()$

Anzeige einer Verbindungsaktivierung.

19) $D_DATA_ACK_IND(DATA_LENGTH, DATA)$

Anzeige des korrekten Empfangs von Daten. Als Parameter werden die Datenlänge DATA_LENGTH und die Daten DATA übergeben.

Tabelle 8

ÜGPN	Zustand	Ereignis	Aktion(en)	Folge- zustand	
5					
	121	INACTIVE	T_ACTIVATE_REQ	SEND(AR) START TA RC := 1	START_UP
10	122	INACTIVE	RECEIVE_AR	SEND(AC) V(C) := RECEIVE_READY T_ACTIVATE_IND()	READY
15	123	START_UP	RECEIVE_AC or RECEIVE_AR	CANCEL TA V(C) := RECEIVE_READY T_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS := V(C))	READY
20	74	START_UP	TA_EXPIRED and (RC < MNT)	RESEND AR START TA RC := RC + 1	START_UP
25	124	START_UP	TA_EXPIRED and (RC = MNT)	RESET_VARIABLES() V(C) := NOT_ACTIVATED T_ACTIVATE_CON (CONNECTION_STATUS := V(C))	INACTIVE
30	125	READY	RECEIVE_DT (SN = V(R), EOM = 0) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_READY	DL := DL + 7 STORE_DATA() V(R) := 1 - V(R) V(C) := RECEIVE_STATUS() AK := AK(RS := V(C), SN := V(R)) SEND(AK)	READY
35	126	READY	RECEIVE_DT (SN = V(R), EOM = 1) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_READY	DL := DL + NB(DT) STORE_DATA() T_DATA_IND(DATA, LENGTH = DL, DATA) V(R) := 1 - V(R) V(C) := RECEIVE_STATUS() AK := AK(RS = V(C), SN = V(R)) SEND(AK)	READY
40					
45	87	READY	RECEIVE_DT (SN = V(R) and RECEIVE_STATUS() = RECEIVE_NOT_READY	AK := AK(RS := RNR, SN := V(R)) SEND(AK)	READY
50	88	READY	RECEIVE Dt (SN <> V(R))	V(C) := RECEIVE_STATUS() AK := AK(RS := V(C), SN := V(R)) SEND(AK)	READY
55	127	READY	RECEIVE_AR	RESET_VARIABLES() SEND(AC) T_ACTIVATE_IND()	

1.4.4.5 Sliding Window-Technik

60 Eine Variante des Transport-Protokolls ermöglicht der Transport-Sendeprotokollinstanz w Datennachrichten
nacheinander abzusenden, ohne auf den Empfang einer Quittungsnachricht AK zu warten (sogenannte Sliding-
Window-Technik, w = Größe des Window). Die Transport-Empfangsprotokollinstanz kann bei dieser Proto-
kollvariante den Empfang mehrerer aufeinanderfolgender Datennachrichten mit einer einzelnen Quittungsnach-
65 richt bestätigen (sogenanntes Acknowledgement Accumulation).

1. Verfahren zum Austausch von Daten mit Hilfe einer Nachricht in Datenverarbeitungsanlagen mit mindestens zwei Stationen, die durch einen Bus miteinander verbunden sind, wobei die Nachricht in einer Botschaft übertragen wird, wobei die Botschaft mindestens ein Kopffeld und ein Datenfeld enthält, das Kopffeld am Anfang der Botschaft steht, die Botschaft identifiziert und die Priorität der Botschaft festgelegt, wobei die Priorität den Zugang zum Bus bestimmt, **dadurch gekennzeichnet**, daß Verbindungen (24) zwischen mindestens zwei Stationen (33, 34) über den Bus eingerichtet, aktiviert und deaktiviert werden, über die Nachrichten auszutauschen sind und, daß dem Kopffeld (39) der Botschaft ein Kontrollinformationsfeld (58, 95) hinzugefügt wird, in dem mindestens ein Nachrichtencode zur näheren Kennzeichnung der durch die Botschaft übertragenen Nachricht abgelegt wird. 5 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einrichtung einer Verbindung (24) in den Stationen (33, 34) der Verbindung (24) jeweils ein aus Daten bestehendes Sende-Objekt (36) und Empfangs-Objekt (35) gespeichert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei Aktivierung einer Verbindung (24) eine Aktivierungsnachricht (AR) von einer der Stationen (33, 34) ausgegeben wird, die von mindestens einer anderen empfangenden Station (33, 34) durch eine Bestätigungsnachricht (AC) quittiert wird und daß die Aktivierung der Nachrichten-Verbindung (24) den Benutzern mitgeteilt wird. 15
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Deaktivierung einer Verbindung (24) ein Verbindungsstatuspeicher in den jeweiligen Stationen (33, 34) der Nachrichten-Verbindung (24) auf einen bestimmten Wert gesetzt wird. 20
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den Nachrichtencode mindestens ein Bit verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei aktivierter Verbindung (24) jede Station (33, 34) nach dem Empfang einer und/oder mehrerer Datennachrichten (DT) den Empfang der einen und/oder mehreren Datennachricht (DT) durch Rücksendung einer Quittungsnachricht (AK) bestätigt, wobei die Datennachricht (DT) sowie die Quittungsnachricht (AK) mit Botschaften übertragen werden. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Kontrollinformationsfeld (58, 95) der Botschaft ein Teil des Feldes (64, 102) für eine Sequenznummer (SN) zur Unterscheidung aufeinanderfolgender Datennachrichten (DT), sowie zur Erkennung von Datennachrichten-Duplikaten, sowie zur Zuordnung von Quittungsnachrichten (AK) zu Datennachrichten (DT) verwendet wird. 30
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Sequenznummer (SN) mindestens ein Bit verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Kontrollinformationsfeld (58, 95) einer die Quittungsnachricht (AK) übertragenden Botschaft ein Empfängerstatusfeld (65, 105) vorgesehen wird. 35
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für das Empfängerstatusfeld (65, 105) mindestens ein Bit verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Kopffeld (39) der die Quittungsnachricht (AK) übertragenden Botschaft in mindestens einem signifikanten Bit von dem Kopffeld (39) der die Datennachricht (DT) übertragenden Botschaft unterscheidet. 40
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine signifikante Bit an letzter Stelle (41) des Kopffeldes (39) positioniert wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine vollständige Nachricht mit einer einzelnen Botschaft übertragen wird oder nach Segmentierung mit mehreren Botschaften übertragen wird. 45
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Botschaften, die ein Nachrichtensegment übertragen, in den Kontrollinformationsfeldern (95) der Botschaften gekennzeichnet werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Botschaft, die das letzte Nachrichtensegment überträgt, in einem Feld (103) des Kontrollinformationsfeldes (95) als solche gekennzeichnet wird. 50
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Kontrollinformationsfeld (95) der Botschaft eine Angabe über die Länge des folgenden Datenfeldes der Botschaft eingegeben wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Angabe über die Länge des dem Kontrollinformationsfeld (95) folgenden Datenfeldes nur in einem Feld (104) des Kontrollinformationsfeldes (95) der das letzte Nachrichtensegment übertragenden Botschaft eingegeben wird. 55
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß beim Ausbleiben der Quittungsnachricht (AK) die Datennachricht (DT) nach einer vorbestimmten Wartezeit erneut gesendet wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß beim wiederholten Ausbleiben der Quittungsnachricht (AK) die Datennachricht (DT) nur so oft wiederholt wird, bis eine bestimmte Anzahl von Sendewiederholungen erreicht ist. 60
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreitung der bestimmten Anzahl von Sendewiederholungen die Verbindung (24) deaktiviert wird und die Deaktivierung den Benutzern der Verbindung (24) mitgeteilt wird. 65
21. Verfahren zum Aufbau von Botschaften in einer Station zum Einsatz in einer mindestens zwei Stationen aufweisenden Datenverarbeitungsanlage, wobei die mindestens zwei Stationen durch einen Bus miteinander verbunden sind, wobei die Botschaft eine Nachricht zwischen mindestens zwei Stationen der Datenver-

arbeitsanlage überträgt, die Botschaft mindestens ein Kopffeld und ein Datenfeld enthält, das Kopffeld am Anfang der Botschaft steht, die Botschaft identifiziert und die Priorität der Botschaft festlegt, wobei die Priorität den Zugang zum Bus bestimmt, dadurch gekennzeichnet, daß dem Kopffeld (39) der Botschaft ein Kontrollinformationsfeld (58, 95) hinzugefügt wird, in dem mindestens ein Nachrichtencode zur näheren Kennzeichnung der durch die Botschaft übertragenen Nachricht abgelegt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß für den Nachrichtencode mindestens ein Bit verwendet wird.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Kontrollinformationsfeld (58, 95) der Botschaft ein Teil des Feldes (64, 102) für eine Sequenznummer (SN) zur Unterscheidung aufeinanderfolgender Datennachrichten (DT), sowie zur Erkennung von Datennachrichten-Duplikaten, sowie zur Zuordnung von Quittungsnachrichten (AK) zu Datennachrichten (DT) verwendet wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß für die Sequenznummer (SN) mindestens ein Bit verwendet wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Kontrollinformationsfeld (58, 95) einer die Quittungsnachricht (AK) übertragenden Botschaft ein Empfängerstatusfeld (65, 105) vorgesehen wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß für das Empfängerstatusfeld (65, 105) mindestens ein Bit verwendet wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Kopffeld (39) der die Quittungsnachricht (AK) übertragenden Botschaft in mindestens einem signifikanten Bit von dem Kopffeld (39) der die Datennachricht (DT) übertragenden Botschaft unterscheidet.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine signifikante Bit an letzter Stelle (41) des Kopffeldes (39) positioniert wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Botschaften, die ein Nachrichtensegment übertragen, in den Kontrollinformationsfelder (95) der Botschaften gekennzeichnet werden.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Botschaft, die das letzte Nachrichtensegment überträgt, in einem Feld (103) des Kontrollinformationsfeldes (95) als solche gekennzeichnet wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß in das Kontrollinformationsfeld (95) der Botschaft eine Angabe über die Länge des folgenden Datenfeldes der Botschaft eingegeben wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Angabe über die Länge des dem Kontrollinformationsfeld (95) folgenden Datenfeldes nur in einem Feld (104) des Kontrollinformationsfeldes (95) der das letzte Nachrichtensegment übertragenden Botschaft eingegeben wird.

33. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 20, mit mindestens zwei Stationen (33, 34) mit mindestens einem Rechner, mit einem Schnittstellen-Baustein in jeder der Stationen (33, 34), mit einer Busverbindung zwischen den Schnittstellen-Bausteinen der Stationen (33, 34), mit Mitteln zur Erzeugung, zum Empfang und zur Fehlererkennung von Botschaften in den Schnittstellen-Bausteinen, mit Mitteln zum Datenaustausch zwischen Schnittstellen-Baustein und Rechner einer jeden Station (33, 34), wobei die Schnittstellen-Bausteine Mittel zum seriellen Datenaustausch über die Busverbindung erhalten, dadurch gekennzeichnet, daß in den Stationen (33, 34) jeweils Mittel zur Einrichtung, Aktivierung und Deaktivierung von Verbindungen (24) zwischen den Stationen (33, 34) über den Bus vorhanden sind, daß zum quittierten Austausch von Daten über aktivierte Verbindungen (24) eine Station (33, 34) der Verbindung (24) sendet, daß die weiteren Stationen (33, 34) diese Datennachricht (DT) durch Rücksendung einer Quittungsnachricht (AK) quittieren und daß die Schnittstellen-Bausteine, die die Datennachrichten (DT) empfangen, dem angeschlossenen Rechner den Empfang der Datennachricht (DT) mitteilen sowie daß der Schnittstellen-Baustein, der die Quittungsnachrichten (AK) empfängt, den Empfang der Quittungsnachricht (AK) dem angeschlossenen Rechner mitteilt.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Stationen (33, 34) zum quittierten Austausch von Daten beliebiger Länge über aktivierte Verbindungen (24) Mittel enthält, die, die den Daten zugeordnete, Datennachricht (DT) segmentieren.

35. Vorrichtung nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zum segmentierten und quittierten Austausch von Daten beliebiger Länge über aktivierte Verbindungen (24) eine Station (33, 34) der Verbindung (24) ein Datennachrichtensegment an die weiteren Stationen (33, 34) der Verbindung (24) sendet, daß die weiteren Stationen (33, 34) das Datennachrichtensegment durch Rücksendung einer Quittungsnachricht (AK) bestätigen, daß der Schnittstellen-Baustein, der das Datennachrichtensegment empfängt, dem angeschlossenen Rechner den Empfang des Datennachrichtensegmentes mitteilt und, daß der Schnittstellen-Baustein, der die Quittungsnachrichten empfängt, dem Empfang der Quittungsnachrichten (AK) dem angeschlossenen Rechner mitteilt.

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß in den Schnittstellen-Bausteinen zur fortlaufenden Numerierung von Datennachrichtensegmenten ein Sendefolgezähler vorhanden ist, daß zur Speicherung der Sequenznummer (SN) der nächsten zum Empfang erwarteten Nachricht oder des nächsten zum Empfang erwarteten Datennachrichtensegmentes ein Empfangsfolgezähler vorhanden ist, daß zur Speicherung des Status einer Verbindung (24) ein Verbindungsstatuspeicher vorhanden ist, daß zur Speicherung der aktuellen Anzahl der Sendewiederholungen ein Sendewiederholungszähler vorhanden ist, daß mindestens die Sequenznummer (SN) der letzten empfangenen Nachricht oder des letzten empfangenen Nachrichtensegmentes sowie der Inhalt des Empfängerstatusfeldes (65, 105) in einem Zwi-

schenspeicher zu speichern ist, daß die vorbestimmte Wartezeit, sowie die maximale Anzahl der Botschaftswiederholungen in einem Speicher abzulegen ist, daß zur Kennzeichnung der Anzahl der Datensegmente ein Datensegmentspeicher vorhanden ist, daß zur Kennzeichnung der Gesamtlänge der Datenbytes einer Nachricht oder eines Datennachrichtensegmentes ein Datenlängenspeicher vorhanden ist.

37. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 21 bis 32, mit mindestens einem Rechner, mit einem Schnittstellen-Baustein, mit Mitteln zum Datenaustausch zwischen Schnittstellen-Baustein und dem mindestens einem Rechner, mit Anschlüssen einer Busverbindung an dem Schnittstellen-Baustein, mit Mitteln zum seriellen Datenaustausch über eine angeschlossene Busverbindung, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Aufbau, zur Absendung, zum Empfang und zur Fehlererkennung von Botschaften und zur Anlegung der den Botschaften, sowie den Inhalten der Botschaften entsprechenden Signale an eine angeschlossene Busverbindung vorhanden sind.

38. Vorrichtung nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß in den Schnittstellen-Bausteinen zur fortlaufenden Numerierung von Datennachrichtensegmenten ein Sendefolgezähler vorhanden ist, daß zur Speicherung der Sequenznummer (SN) der nächsten zum Empfang erwarteten Nachricht oder des nächsten zum Empfang erwarteten Datennachrichtensegmentes ein Empfangsfolgezähler vorhanden ist, daß mindestens die Sequenznummer (SN) der letzten empfangenen Nachricht oder des letzten empfangenen Datennachrichtensegmentes sowie der Inhalt des Empfängerstatusfeldes (65, 105) in einem Zwischenspeicher zu speichern ist, daß zur Kennzeichnung der Anzahl der Datensegmente ein Datensegmentspeicher vorhanden ist, daß zur Kennzeichnung der Gesamtlänge der Datenbytes einer Nachricht oder eines Datennachrichtensegmentes ein Datenlängenspeicher vorhanden ist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

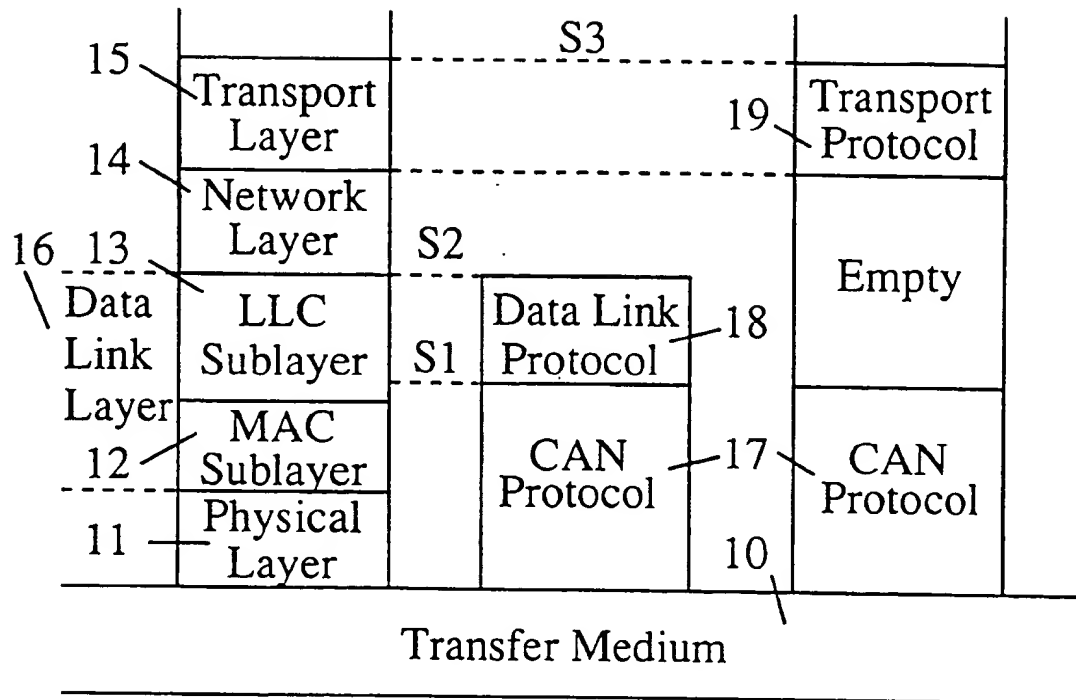


Fig. 2

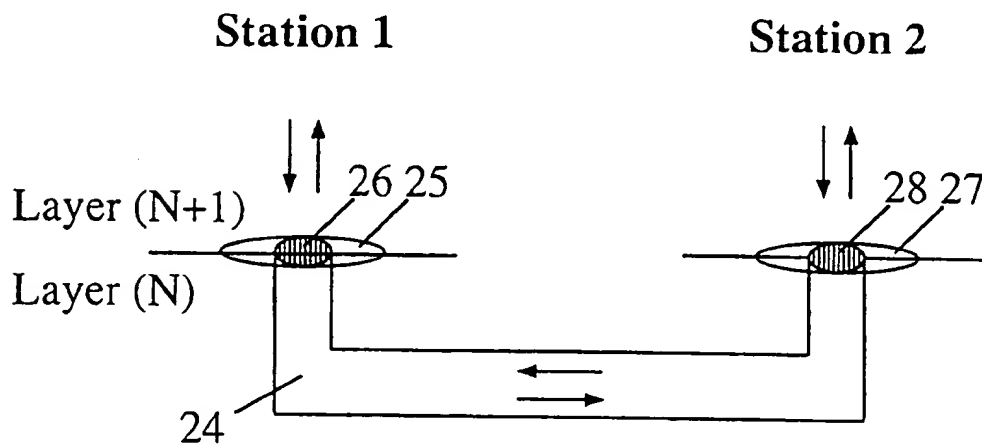


Fig. 3a

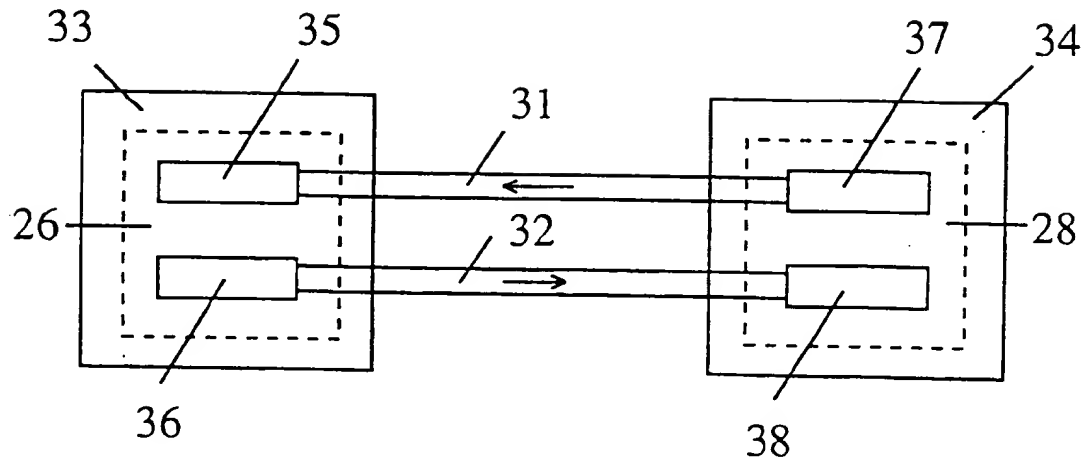
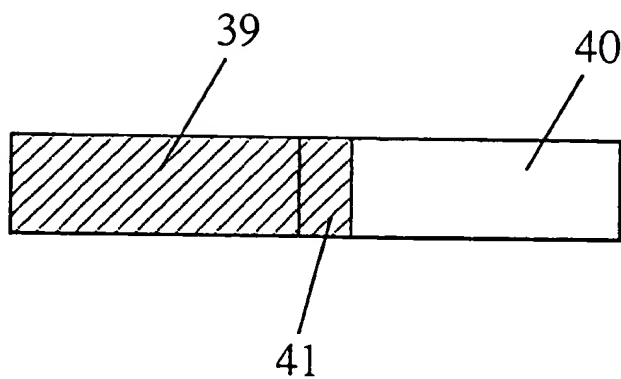


Fig. 3b



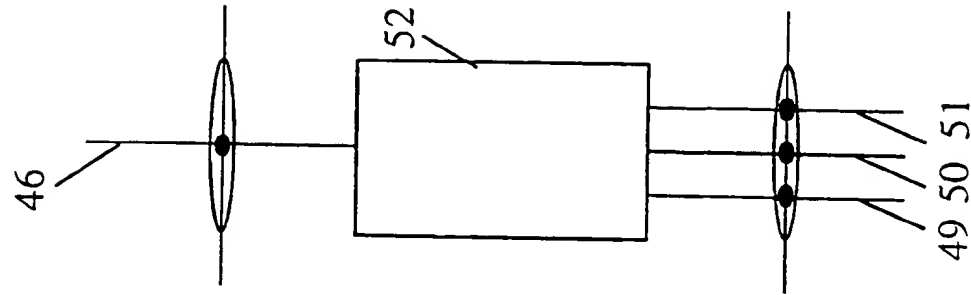


Fig. 4c)

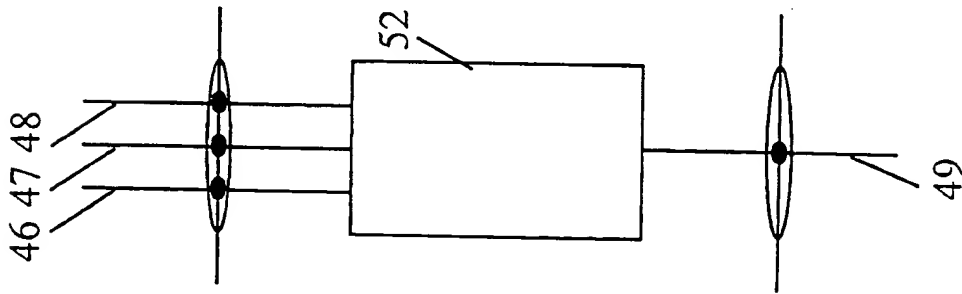


Fig. 4b)

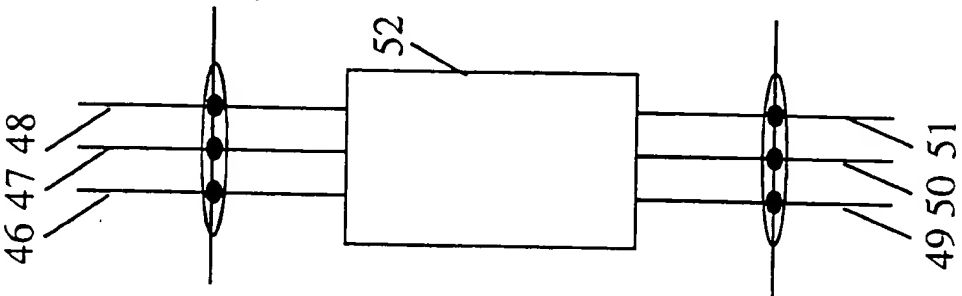


Fig. 4a)

Layer 3

Layer 2

Layer 1

Fig. 5

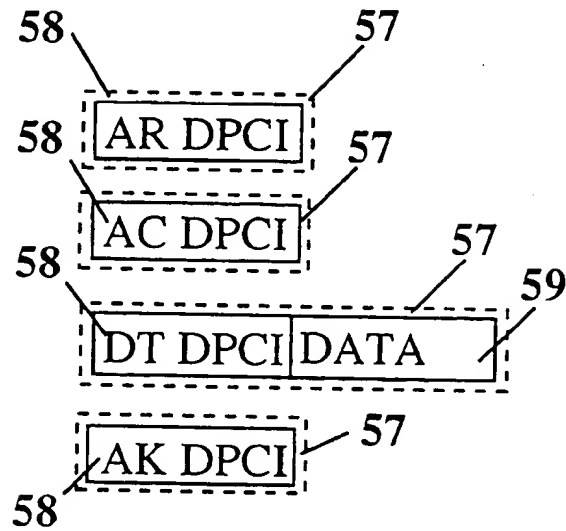
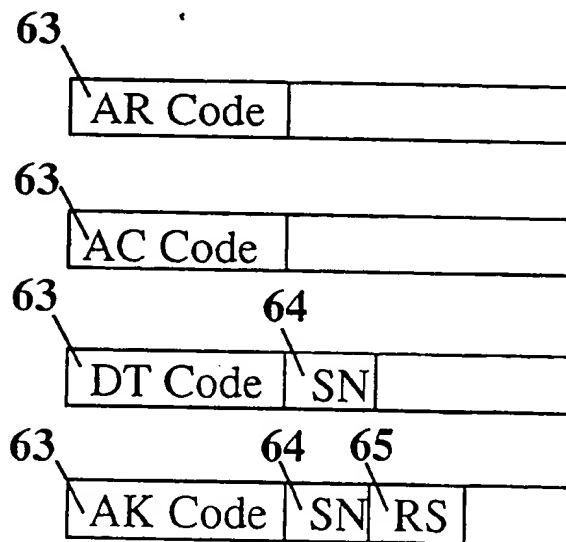


Fig. 6



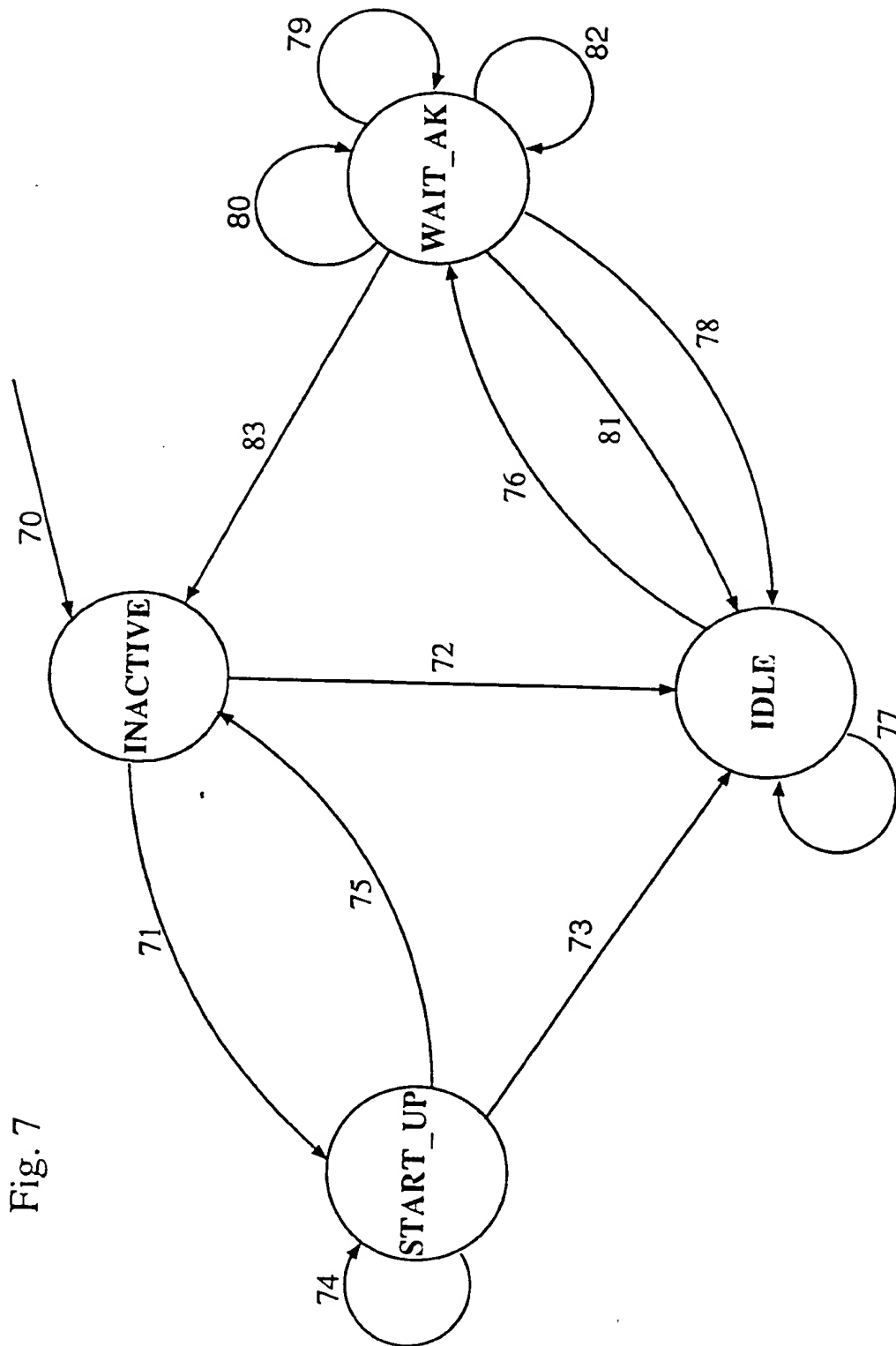


Fig. 7

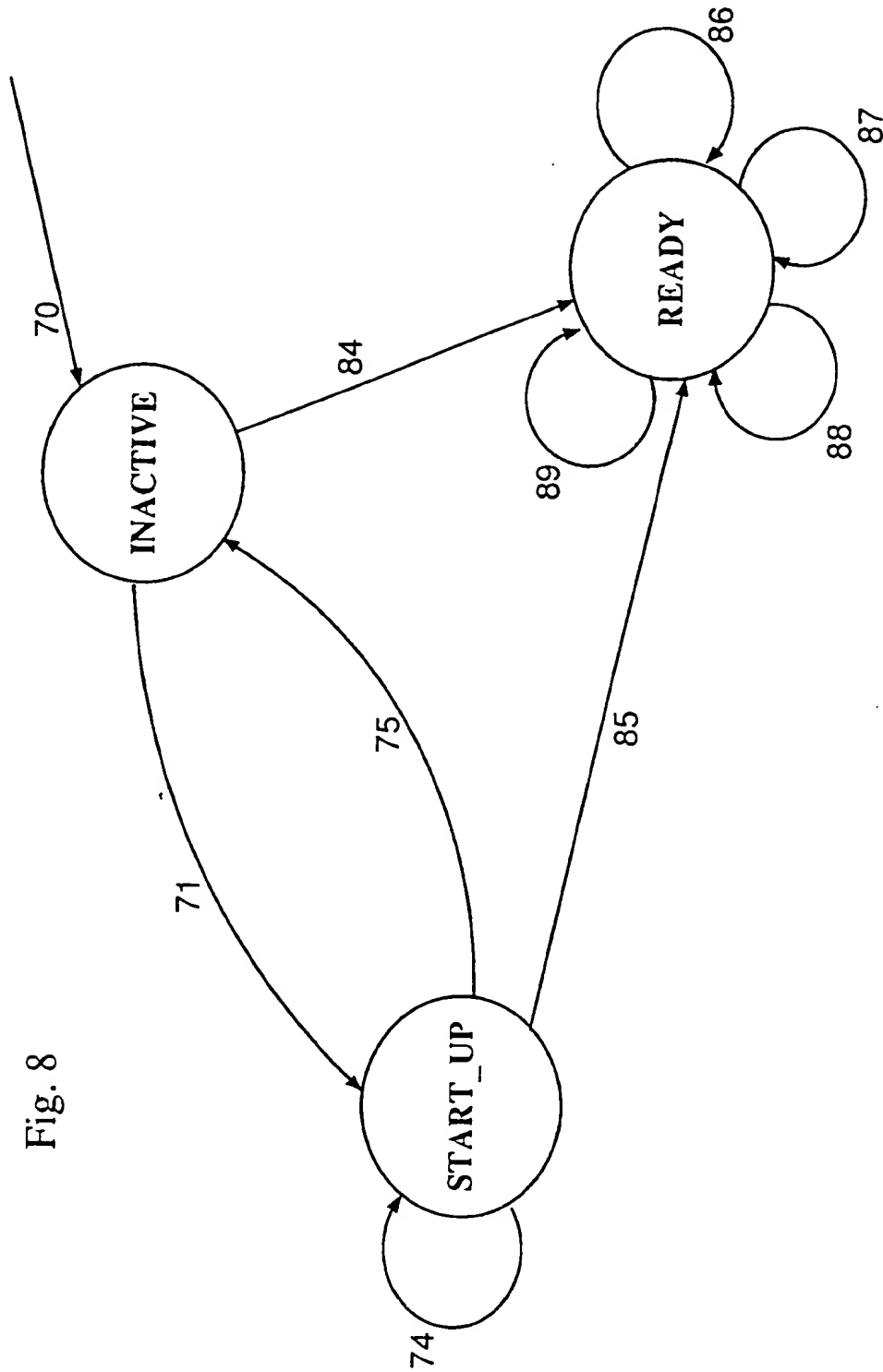


Fig. 8

Fig. 9

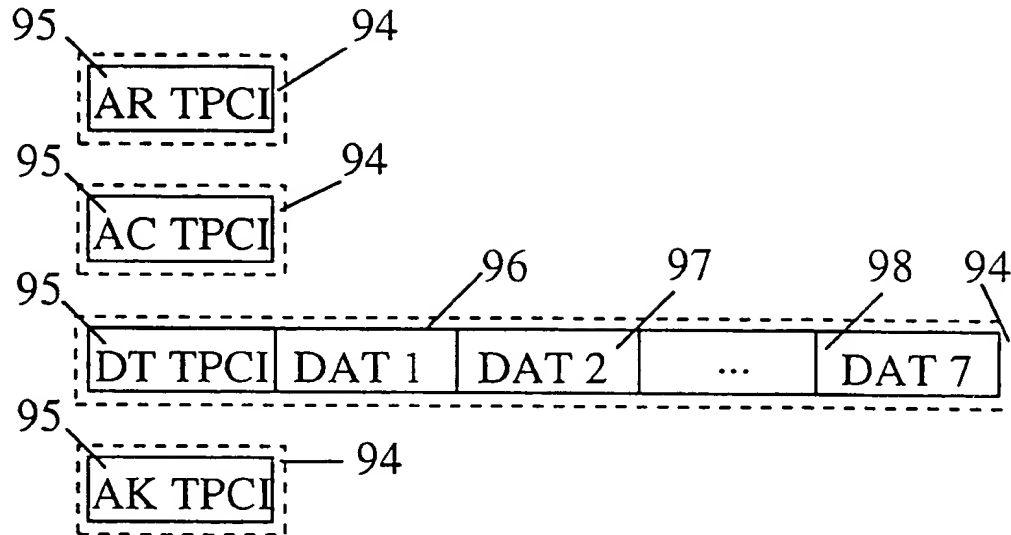
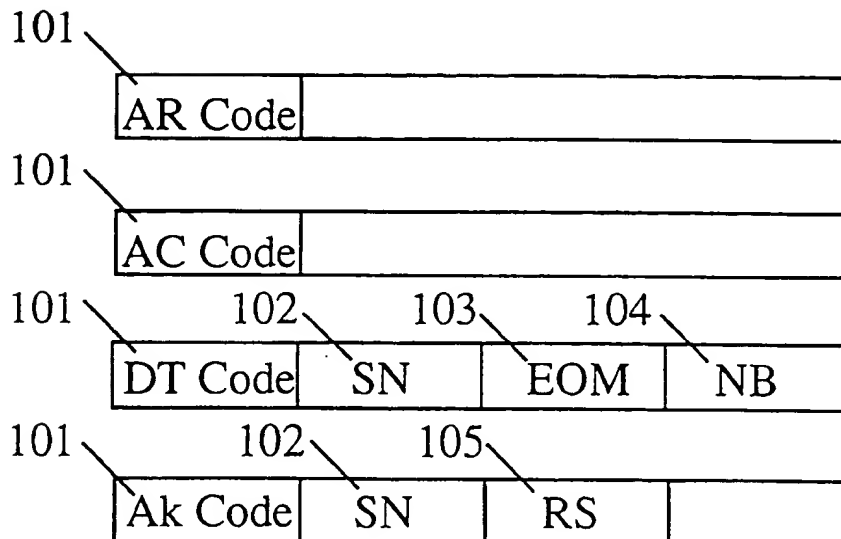


Fig. 10



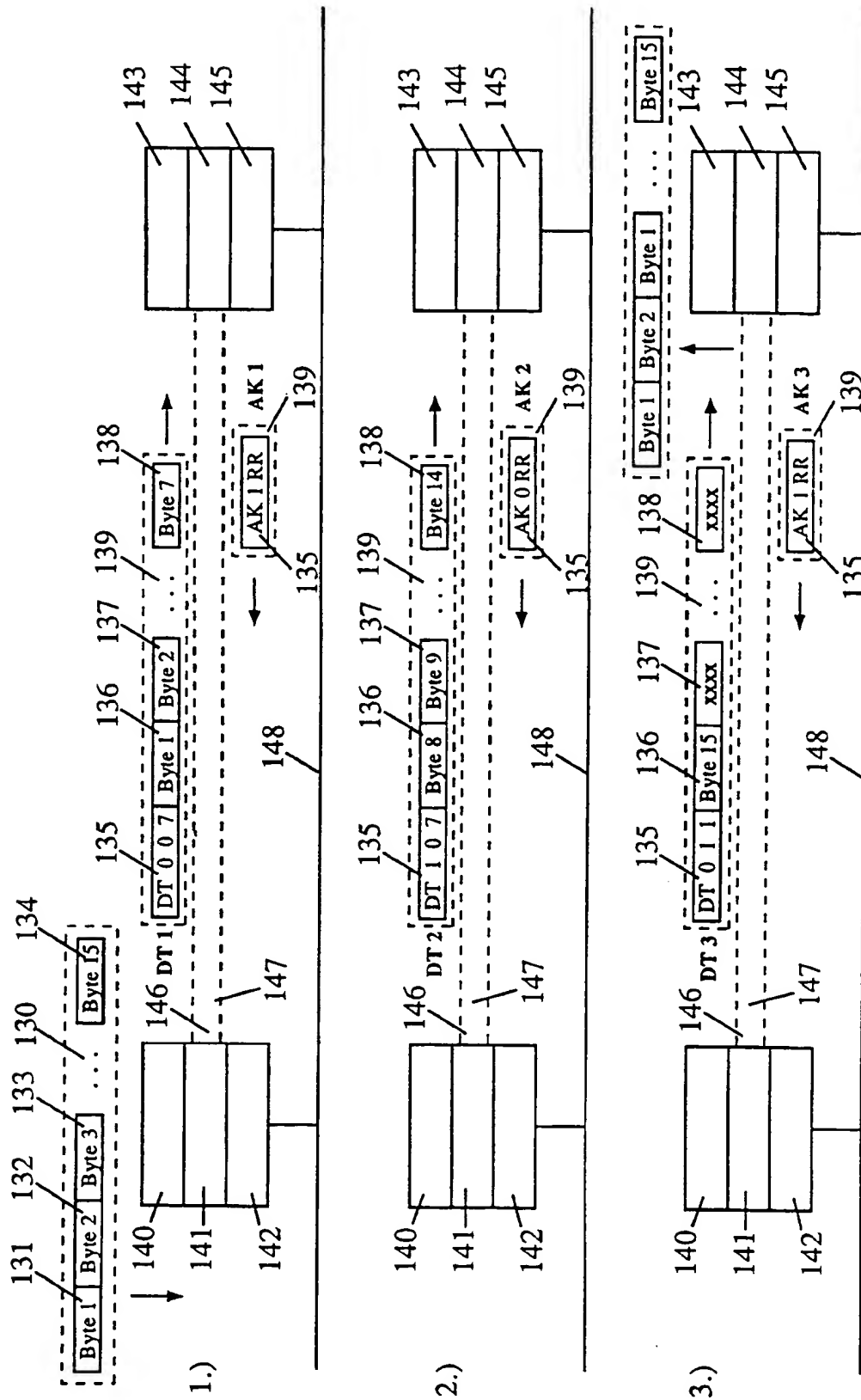


Fig. 11

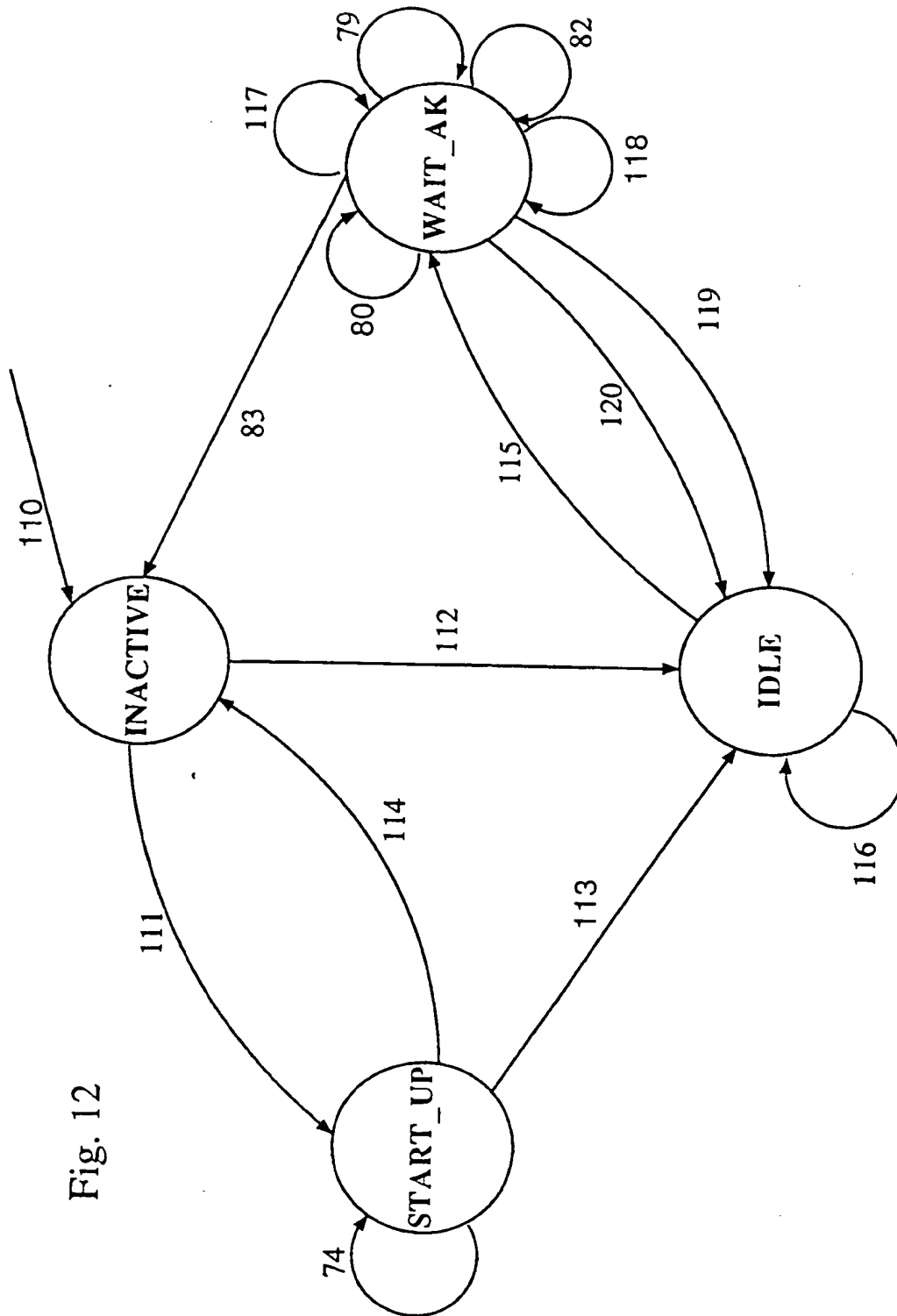


Fig. 12

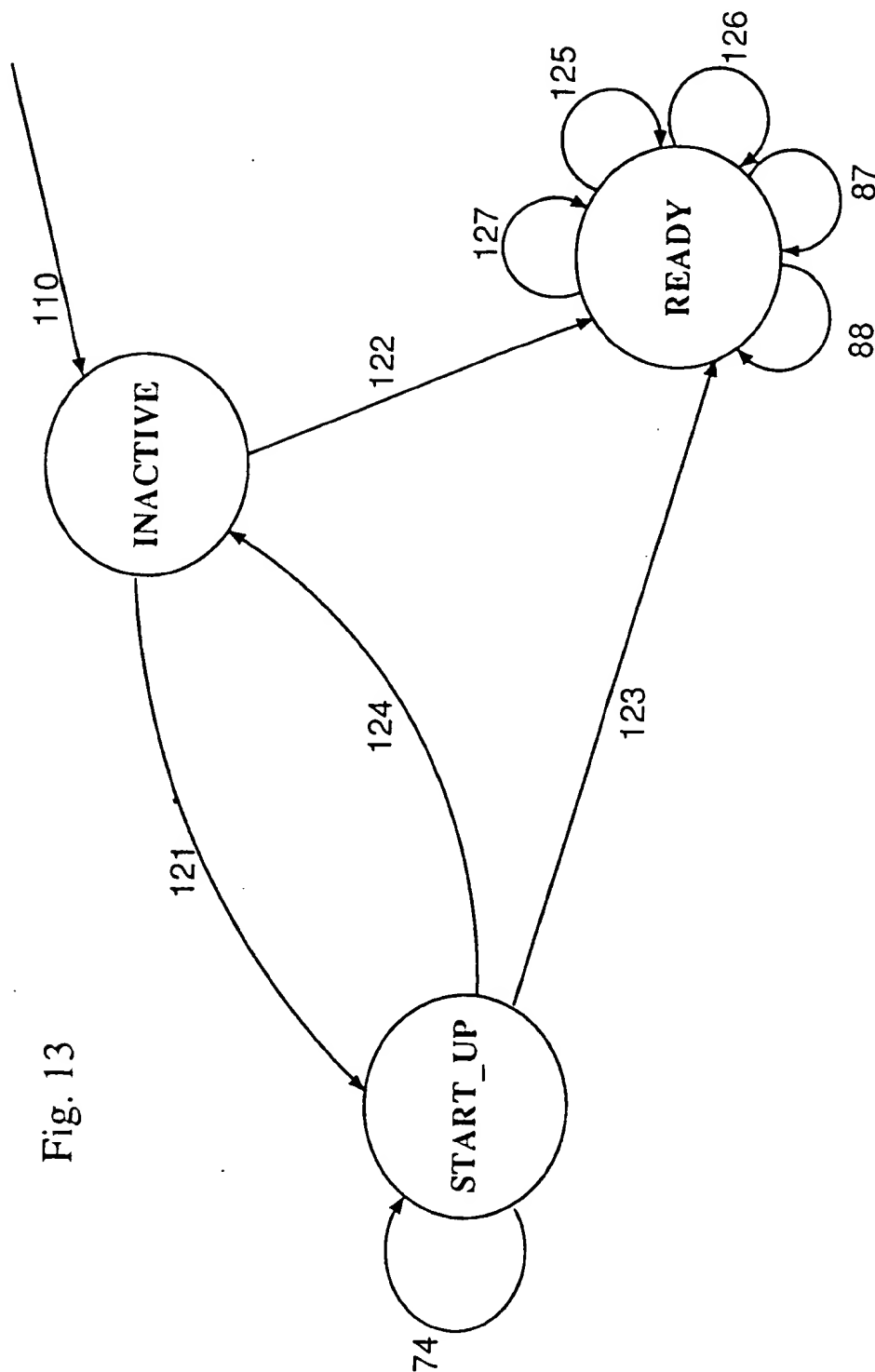


Fig. 13